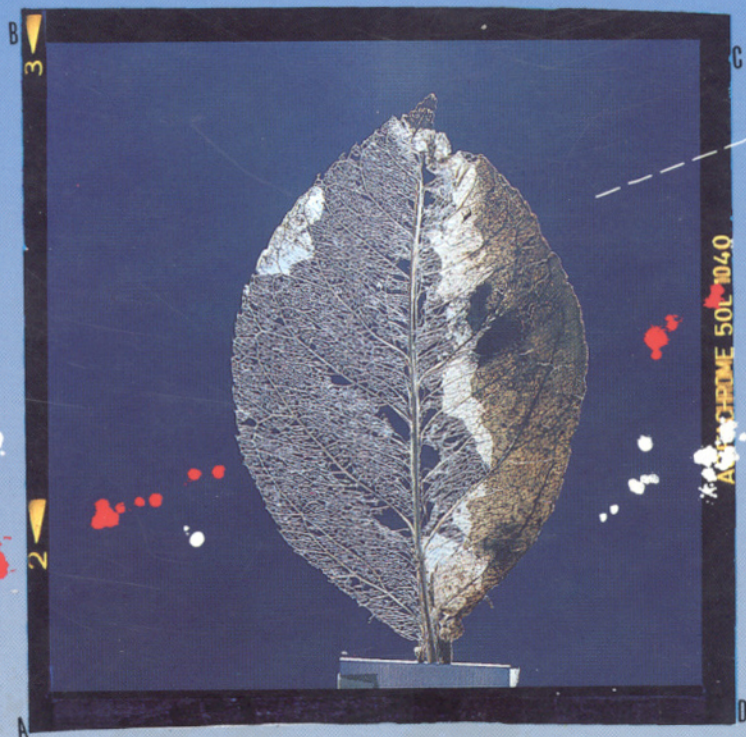


MEDIO AMBIENTE

en DESARROLLO



Ricardo Katz y Gabriel Del Fávero
Editores

*Juan Pablo Illanes
Alejandro Rojas
Arturo Fontaine Talavera
María de los Angeles Pérez
José Miguel Sánchez
José Tomás Morel
Jaime Solari
Juan Escudero
Alejandro Cofré*

*Hugo Sandoval
Elizabeth Anderson
Juan Giaconi
Fabián Jaksic
Patricio Ojeda
Fernando Alliende
Juan Ariztía
Dean Abrahamson*

COMISION DE MEDIO AMBIENTE
CENTRO DE ESTUDIOS PUBLICOS



Prólogo

Gabriel Valdés Subercaseaux

PRESIDENTE DEL SENADO DE LA REPÚBLICA DE CHILE

La contradicción desarrollo económico, por un lado, y preservación natural y cultural, por el otro, para muchos aún no ha sido resuelta, en gran medida porque no se ha discutido con la profundidad y seriedad que el tema requiere. Esta discusión deberá pasar necesariamente por una reformulación de la relación hombre-medio ambiente en una perspectiva de internalizar nuevas categorías de aproximación, las que, sin distraer la atención primordial sobre el ser humano como fin último del desarrollo económico, ponga énfasis en una valoración del uso de los recursos naturales como proceso generador de niveles de bienestar colectivo, directamente vinculado a una optimización de la calidad de vida, entendida ésta como un nivel de existencia digna y estimulante y no sólo de sobrevivencia mínima basada en consideraciones estadísticas.

Este problema nos lleva a asumir no sólo campañas conservacionistas, las que, por cierto, son necesarias, o programas esporádicos en televisión, sino fundamentalmente a promover la formación de las nuevas generaciones imbuidas de criterios distintos a los imperantes hasta hace poco, en que lo ecológico sea una preocupación natural y responsablemente asumida, y no un débil ideal capturado por el marketing y desvirtuado por el relativo paradigma del éxito económico.

Es imprescindible para el logro de estos objetivos generar un proceso de educación en todos los niveles, que incentive una conciencia general favorable a un desarrollo sustentable y duradero y que no se agote sólo en observar en cuántos puntos aumentaron la inversión y el crecimiento, sino también en saber cuántas ciudades, bosques, ríos, lagos y playas sobrevivieron a la contaminación y a la explotación irracional.

En consecuencia, la relación hombre-naturaleza debe ser «educada» tanto en el medio urbano como en el rural; en el productivo económico como en el tecnológico científico. La finalidad de este proceso debe estar orientada necesariamente a objetivos sociales, donde la evaluación final no se agota en la fácil y rápida rentabilidad económica, criterio que para muchos ha sido el imperante.

Así nos encontramos frente a un problema de índole «cultural». Un enfoque en este sentido nos ayudaría a vislumbrar mejor la tensión hombre-naturaleza y su correspondiente interrelación.

Un segundo aspecto es la vinculación existente entre pobreza y deterioro ambiental.

La pobreza es considerada como la principal causa del deterioro ambiental en los países del Tercer Mundo, llegando así a establecerse un círculo vicioso entre pobreza-deterioro ambiental-pobreza. Es decir, para algunos investigadores la pobreza es considerada como causa y efecto del deterioro ambiental. Se establece así entre pobreza y medio ambiente una relación de «sobrevivencia», lógica que es de corto plazo y, por consiguiente, excluyente de consideraciones de sustentabilidad ambiental.

Enfrentar con políticas adecuadas el desafío de superar la pobreza, garantizando la igualdad de oportunidades y mejorando los niveles de vida es, a su vez, atacar una de las raíces más profundas del deterioro ambiental.

Un tercer factor es la alta concentración de población en los principales centros urbanos.

La historia de nuestro país, como la de los demás de la región, nos demuestra cómo la ausencia de concepciones públicas y privadas sobre la utilización racional del territorio y el correspondiente «dejar hacer» han tenido como efecto, convertido en lamentable hecho cultural típico de la región, un creciente deterioro del medio ambiente y, en consecuencia, un agudo desmedro en la calidad de vida, generándose, además, una relación, por cierto no la única, de causa y efecto entre concentración urbana y deterioro ambiental.

La concentración de población en grandes ciudades, específicamente cuando alcanza niveles y velocidades que sobrepasan la capacidad de los ecosistemas naturales de soporte, debe ser enfrentada a través de una política nacional de descentralización y desconcentración.

Hoy, tres de cada cuatro latinoamericanos viven en zonas

urbanas, y la mayoría de las ciudades crecen a tasas aceleradas como símbolo de un claro subdesarrollo, creando situaciones de marginalidad, de contaminación atmosférica, acústica, de aguas y tornando inmanejable el transporte y los desechos sólidos. El medio ambiente de las grandes ciudades se vuelve así a la vez frágil y agresivo para sus habitantes.

La contaminación ambiental en ciudades como Santiago tiene entre sus fuentes más directas la alta concentración y sobrepoblación de su ecosistema natural de soporte, situación que se hace imprescindible abordar con responsabilidad y a través de una adecuada política de gestión ambiental.

Es por todos reconocida la necesidad de abordar el desafío del medio ambiente en una perspectiva multisectorial, donde el sector público, y fundamentalmente el privado, aúnen sus esfuerzos para coordinar y ejecutar políticas coherentes y eficaces de gestión ambiental, traspasando y dotando a los niveles locales y regionales de mayores facultades y recursos para lograr los desafíos deseados en materia ambiental. Asimismo, se hace fundamental generar en la población, a través de políticas educacionales y de promoción, mayores niveles de conciencia respecto de la preservación del medio ambiente, condición insustituible para alcanzar un desarrollo sustentable.

Para una adecuada gestión ambiental es de vital importancia considerar tres elementos claves:

- a) Legislación sobre medio ambiente.
- b) Cooperación pública y privada.
- c) Descentralización de la gestión ambiental.

En todas estas áreas Chile no parte de cero. Por el contrario, contamos con una legislación que si bien hoy se debe adecuar a los nuevos tiempos, nos permite tener un marco jurídico donde asentarnos. Por su parte, el sector privado, que aporta el 70 por ciento del PGB, ya ha tomado iniciativas para incorporar a los procesos productivos elementos de gestión ambiental.

En el marco de la descentralización, el Gobierno ha dado muestras de avanzar hacia una mayor autonomía de las regiones a través de la dictación de la Ley de Gobiernos Regionales, la que permitirá un desarrollo regional más dinámico, incorporando a éste criterios de gestión ambiental.

Es del caso destacar que el enfoque utilizado en este libro,

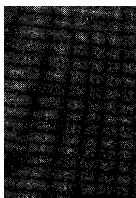
tanto en el análisis de los problemas de contaminación como en la proposición de opciones de solución, es tino de gestión ambiental, entendiéndose ésta como la optimización del uso de los recursos disponibles, concepto de mínimo costo social, en un marco de restricciones objetivas y cuantificables cuando esto es posible.

Si esto último no sucede, se recurre al camino de especificar procedimientos que eliminen en lo posible eventuales discrecionalidades e interpretaciones, tanto por parte de los controlados como de los controladores.

Asimismo, el proyecto del medio ambiente del Centro de Estudios Públicos busca explicitar, analizar y discutir los supuestos que avalan hoy las normas de calidad ambiental utilizadas en nuestro país; priorizar las políticas chilenas de control de la contaminación, evaluando sus costos y beneficios. A través del desarrollo de este libro se pretende dar inicio a un programa conducente a que los estándares de calidad ambiental definidos reflejen las reales preferencias de la sociedad chilena.

Que el Centro de Estudios Públicos haya reunido a los más destacados especialistas en materia de gestión ambiental y que por sobre las personales visiones se logren puntos de encuentro es la mejor garantía para abordar en forma oportuna y eficiente la temática de la gestión ambiental.

El texto que hoy conocemos aporta una serie de proposiciones en el plano técnico y de medidas concretas, que lo convertirán en referencia obligada para quienes tienen la responsabilidad de velar por una adecuada gestión ambiental.



Introducción

Chile presenta crecientes problemas de contaminación de agua y, aire y en algunos casos puntuales, contaminación del suelo. Estas situaciones aún no son generalizadas, estando detectados, al menos cualitativamente, los principales focos de contaminación del país.

Para abordar de un modo coherente y sustantivo la realidad ambiental del país, se procedió a diseñar un proyecto que considerara las áreas temáticas que se indican a continuación, y que fueron encargadas a distintos especialistas:

- explicitar, analizar y discutir los supuestos que avalan las normas de calidad ambiental utilizadas en nuestro país;
- priorizar las políticas chilenas de control de la contaminación, evaluando sus costos y beneficios bajo los supuestos anteriores;
- proponer procedimientos propios para la generación de estándares ambientales y recomendar los instrumentos de política pública que sean necesarios para insertarlos en el marco legal e institucional nacional.

En el contexto de los objetivos anteriormente planteados y dado que los estándares de calidad ambiental son la base sobre la cual se evalúa la calidad del ambiente, este libro aborda el proceso de definición de estándares, con sus implicancias políticas, jurídicas, sociales y económicas. Al respecto se tuvo en consideración la importancia que

revisten tales estándares para el desarrollo de cualquier actividad productiva o de servicios pública o privada, al igual que para definir los niveles de calidad de vida que nuestra sociedad desea, dado que los estándares definen cuan escaso es un recurso en relación a la posibilidad de utilizarlo libremente y sin afectar la salud de las personas u otros atributos ambientales. Con respecto a los recursos ambientales, se entiende el componente del medio ambiente que corresponda, aire, agua, suelo, paisaje, recurso natural u otro.

Como objetivo adicional se quiso apoyar, a través del desarrollo de este libro, el comienzo de un programa conducente a que los estándares de calidad ambiental que deberán ser definidos en el futuro y los que están en vigencia, reflejen las reales preferencias de la sociedad.

En estricta relación con lo anterior, se estimó de gran importancia conocer el proceso de fijación de estándares a nivel internacional, con énfasis en recabar información respecto de riesgo y daño ambiental, al igual que de los aspectos políticos y económicos involucrados.

En forma paralela y considerando que en nuestro país no se parte de cero, sino que existe una larga tradición de salud pública y normativa y que hay una gran cantidad de normas de generación propia o de adopción internacional, se consideró importante evaluar el proceso (normas y procedimientos) existente en el país en algunas áreas específicas (salud y agricultura entre otras). Para estos efectos, se intentó explicitar las consideraciones que existen tras algunas normas utilizadas en Chile, en sus países de origen, y evaluar la importancia de tales consideraciones en relación a la realidad nacional.

Por último, esta publicación tiene la ambición de apoyar el desarrollo de metodologías específicas para proponer estándares de calidad ambiental en Chile, discutir el nivel jurídico que deberían tener éstos y finalmente efectuar propuestas específicas a las autoridades.

Para hacer operativo el cumplimiento de los objetivos planteados y como una manera de asegurar la calidad técnica y, más importante aún, una independencia y pluralidad en el análisis del tema en cuestión, se constituyó una Comisión de Medio Ambiente en el Centro de Estudios Públicos, entidad que actuó como directorio del proyecto. Esta Comisión estuvo constituida por las siguientes personas:

- Roberto de Andraca, Presidente.
- Ricardo Katz, Coordinador.
- Gabriel Del Pavero, Secretario Ejecutivo.

- Fernando Alliende.
- Juan Ariztía.
- Patricio Barros.
- Antonio Daher.
- Juan Andrés Fontaine.
- Gonzalo García.
- Guillermo Geisse.
- Juan Giaconi.
- Guillermo Güell.
- Juan Pablo Illanes.
- Fabián Jaksic.
- Patricio Ojeda.
- José Miguel Sánchez.
- Jaime Solari
- Sergio Verdugo.

Las funciones de la Comisión fueron las de seleccionar a los expertos¹ que prepararon los trabajos sobre los temas específicos, participar en reuniones de análisis de temas concretos, discutir aspectos de relevancia con autoridades y expertos invitados, actuar como panel de orientación para la presentación de los trabajos encargados y presentar temas sobre los cuales se piensa que debería actuarse en primer lugar conceptualmente para luego expresar esos conceptos en la forma de una legislación específica.

Complementariamente a los especialistas encargados de desarrollar los temas específicos contenidos en este libro, se invitó a personalidades distinguidas en distintas áreas, las que realizaron planteamientos sobre el tema ambiental desde los puntos de vista de sus respectivas posiciones profesionales y personales. Las personas invitadas fueron las siguientes:

- Eduardo Amagada.
- Edgardo Boeninger
- Ernesto Fontaine.
- Antonio Horvath.
- Ricardo Katz.
- Pedro Morandé.

¹ En muchos casos miembros de la Comisión desarrollaron los temas en que son especialistas.

Las premisas generales sobre las cuales se desarrolló la labor de la Comisión y para las cuales este libro pretende entregar propuestas y lineamientos o simplemente abrir un espacio para discutir las y profundizarlas, se exponen en los párrafos que siguen.

De acuerdo a los estándares primarios nacionales e internacionales de calidad ambiental, los principales contaminantes que afectan a la ciudad de Santiago, foco que concentra la atención en lo que respecta a contaminación atmosférica en Chile, son las partículas respirables (PM-10), ozono y monóxido de carbono. Investigaciones recientes han comenzado a entregar evidencia de los altos niveles de hidrocarburos aromáticos polinucleares y sulfatos existentes en la atmósfera de esta ciudad. Santiago, indudablemente, enfrenta un problema global de contaminación atmosférica.

Esta situación, que afecta a nuestra capital, tiende a concentrar la atención de la población y de los tomadores de decisión, con la consiguiente distorsión en la asignación de esfuerzos destinados a la solución de los problemas nacionales relacionados con el medio ambiente.

El resto de las principales áreas urbanas no presenta aún un nivel de problemas comparables, no habiendo, en todo caso, mediciones sistemáticas al respecto.

Los grandes focos de contaminación atmosférica, fuera de Santiago, están relacionados principalmente con fundiciones y refinerías de cobre, existiendo, sin embargo, otras grandes fuentes puntuales que también ocasionan problemas. También es posible detectar algunos focos de contaminación no tradicional (olores) en áreas urbanas distintas a Santiago.

En lo relativo a la contaminación hídrica, ésta es normalmente producida por los efluentes domiciliarios no tratados, debido a que la gran mayoría de las ciudades no cuenta con sistemas adecuados de tratamiento de las aguas servidas. Además del efecto anterior, en algunas áreas de gran densidad de actividad industrial o de industrias con efluentes de gran volumen, los cursos de agua se han visto muy afectados por los vertidos de estas industrias.

Dado el alto nivel de subjetividad existente en lo que se refiere a la evaluación de la magnitud de los problemas ambientales, ésta normalmente se efectúa comparando los niveles de calidad del recurso con respecto a estándares de calidad ambiental.

Lo anterior implica, por lo tanto, que los estándares de calidad ambiental definen la capacidad de uso de los distintos componentes del medio

ambiente. El nivel de uso de un recurso está dado por la capacidad natural del mismo de asimilar los impactos sobre él producidos, sin superar los estándares de calidad ambiental. Esto configura la diferencia entre «alterar» un recurso versus «contaminar» el mismo recurso.

Tomando en consideración lo anterior, es obvio que los estándares de calidad ambiental deberían responder a una conjunción de valores de la sociedad que los adopta. Normalmente en nuestro país, estos estándares han sido copiados de los de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA), por lo que responden a una mezcla ponderada de los valores propios de la sociedad norteamericana.

La metodología de construcción de estos estándares responde a procedimientos científicos y políticos específicos que han sido incorporados en la legislación federal de Estados Unidos. Por estas razones, los estándares responden a un análisis o balance costo-beneficio político propio de ese país. Esto no quiere decir que los estándares sean inapropiados técnicamente, o que el mecanismo de adopción de ellos sea inadecuado, solamente que para que no se produzcan distorsiones importantes, deben tenerse claros los supuestos técnicos, políticos y de costos existentes detrás de los valores adoptados.

Es tanto así, que los estándares de la USEPA deben poder ser defendibles ante la justicia norteamericana, en el sentido de que reflejen fielmente los lineamientos específicos emitidos por el Congreso. Estos lineamientos a su vez, manifiestan la transacción, efectuada a nivel político, entre el conjunto de valores sociales (filosóficos, éticos y económicos, entre otros) y biológicos de la sociedad americana.

Es muy peligroso adoptar ciegamente estos valores, sin un análisis exhaustivo de sus bases conceptuales.

Por otra parte, las políticas y acciones de control de la contaminación (atmosférica e hídrica, acústica y en general todas las acciones de control ambiental en Chile) no responden a análisis costo/beneficio o, por lo menos costo/efectividad que garanticen que los escasos recursos disponibles sean correctamente asignados.

La combinación de estas dos realidades: adopción de normas y procedimientos extranjeros y diseño de políticas y acciones de control no avaladas por análisis costo/beneficio o costo/efectividad, puede conducir a situaciones de calidad ambiental que se alejen mucho del óptimo social.

El óptimo social de calidad ambiental se da en aquella situación en

que los costos marginales de control de la contaminación ambiental son iguales a los beneficios marginales derivados del de la disminución del daño ocasionado por la contaminación ambiental.

Dado que en algunos casos presentes en nuestro país los niveles de excedencia de las normas de calidad ambiental son muy altos, las deficiencias descritas pueden ser obviadas en una primera instancia (aunque no es recomendable), pero en la medida que sea necesario incurrir en mayores costos unitarios para disminuir los niveles de contaminación existentes, la falta de procedimientos de evaluación en la fijación de estándares y en la definición e implementación de programas de administración se sentirá con gran impacto.

Tomando en consideración estos antecedentes, no es raro entender por qué el tema ambiental en general, y el de la contaminación, en particular, concitan el interés y preocupación de amplios estratos de nuestra sociedad.

Es así como a la población le preocupan los efectos que la contaminación pueda tener sobre su salud y especialmente sobre la salud de los grupos percibidos (en este caso la percepción es igual a la realidad) como más desprotegidos, tales como niños, ancianos y personas aquejadas por enfermedades o condiciones físicas que los hacen más vulnerables a los efectos de los contaminantes.

Por otra parte, a los empresarios de los distintos sectores productivos y de servicios les preocupa el impacto que las limitaciones relativas al uso de los distintos componentes del medio ambiente pueda tener sobre sus procesos y costos.

Tampoco se debe dejar de considerar el impacto que las consideraciones ambientales tienen sobre la formulación e implantación de políticas, planes y programas públicos.

Es claro que el medio ambiente ha sido y es utilizado como receptor, libre y sin costo, de los efluentes residuales de los procesos. Estos vertidos tienen el potencial de contaminar el medio al cual son evacuados cuando la capacidad de asimilación de éste es sobrepasada.

Este factor añade una variable que dificulta adicionalmente el tratamiento del problema de la contaminación ambiental. Dicha variable está relacionada con el dinamismo propio de los distintos componentes que deben concurrir para que se produzca contaminación. Algunos de éstos componentes son el número de agentes involucrados en las emisiones, la cantidad total de éstas, sus características en cuanto a riesgo, el conocimiento de los efectos de esas emisiones, la visibilidad o

posibilidad de percepción de los contaminantes a través de los sentidos (vista, olfato, gusto) y, por último, pero más importante aún, el grado de sensibilidad ambiental de la población afectada directamente o involucrada indirectamente.

A su vez, el sector gubernamental ve cómo se produce una competencia por los siempre escasos recursos, y se enfrenta a la disyuntiva de asignar mayores fondos al control ambiental o a otro tipo de programas. Esta competencia por los recursos no siempre se da en cuanto a una asignación directa de ellos. Es así como una legislación que regule ya sea la emisión de contaminantes o la calidad ambiental del medio receptor, tendrá un impacto directo en los costos de disminución de emisiones incurridos por parte de las actividades afectadas y en los costos de fiscalización en que deba incurrir el aparato gubernamental para garantizar el adecuado cumplimiento de las regulaciones.

Como se puede apreciar, el punto de fondo es cómo determinar el óptimo social de calidad ambiental, puesto que este proceso, a su vez, requiere de la existencia de información adecuada, tanto en cantidad como en calidad. Dado que el óptimo de calidad ambiental depende a su vez de los costos totales de control, la eficiencia para obtener niveles de calidad ambiental deseados es importantísima. Este punto no siempre es bien comprendido.

Los costos sociales afectan a toda la sociedad y en muchos casos, por sobre el efecto de la falta de recursos, aparecen factores redistributivos y éticos. Reconociendo que esta es una situación muy común, el análisis económico que se presenta en algunos casos no pretende estar por sobre las implicancias morales y éticas, sino que subordinado a estas, pero siempre en el contexto de eficiencia; es decir, para las mismas consideraciones de calidad ambiental en un marco de aspectos sociales, éticos y morales específicos, el óptimo está dado por el mínimo costo social total, tomando en cuenta los costos de control, más los costos de fiscalización y administración del sistema.

Por lo tanto, el enfoque que se utilizará en este libro, tanto en el análisis de los problemas de contaminación como en la proposición de opciones de solución, será uno de gestión, entendiéndose por ésta la optimización del uso de los recursos disponibles, en un marco de restricciones ambientales, objetivas y cuantificables, cuando esto sea posible.

Estas restricciones se refieren a la calidad ambiental deseada en el marco circunscrito por los aspectos sociales, éticos y morales involucrados.

Cuando este marco no esté claro, se recurrirá al camino de especifi-

car procedimientos que eliminen en lo posible eventuales discrecionalidades e interpretaciones tanto por parte de los controlados como de los controladores.

Lo anterior implica que para cada situación deberán analizarse aquellos instrumentos que conduzcan a la obtención de los objetivos perseguidos, al mínimo costo posible. En general en este contexto, los mejores instrumentos tienden a ser aquellos que corrigen las imperfecciones del mercado y administran la demanda por el uso de recursos, más que instrumentos tecnológicos que limitan directamente las emisiones o procesos.

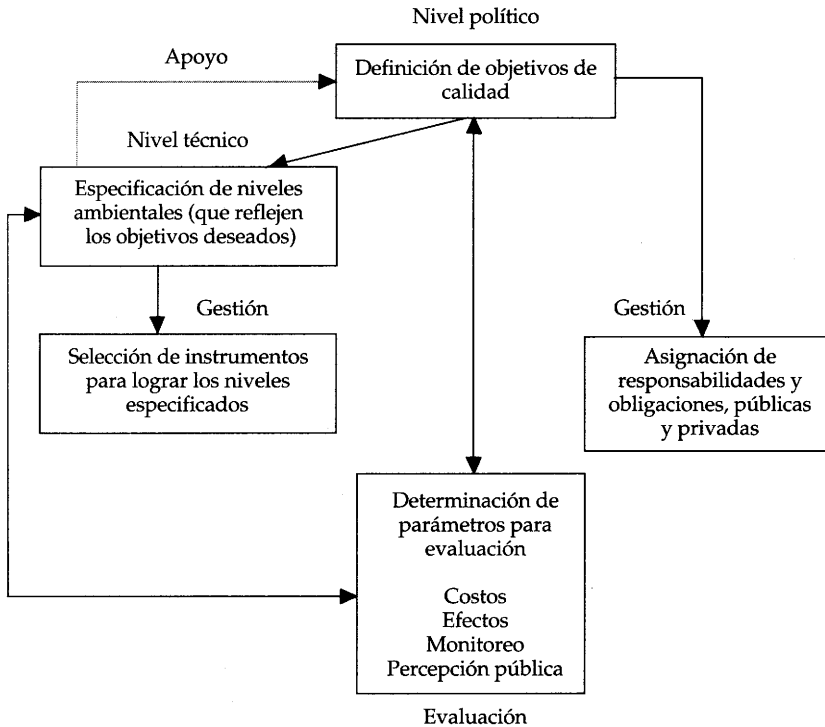
Para que lo antes explicado pueda ser llevado a la práctica, es necesario que se produzca una coexistencia interactiva de tres niveles: el sector productivo y de servicios (público y privado), el sector gobierno y el sector opinión pública.

Se aprecia que existe una importante dicotomía, en el sentido de que los tres sectores mencionados varían su interacción, posición y actitud respecto del medio ambiente, dependiendo del ámbito temporal y espacial donde se encuentren y en relación con actividades específicas que estén desarrollando. Esto es muy claro en lo que respecta al gobierno. Cuando éste asume un rol normativo, tiende a ser preservacionista o conservacionista. Cuando está en una función productiva tiende a postergar la protección ambiental en aras de maximizar la producción. Esta situación es representativa de la realidad porque las actitudes personales son en la gran mayoría de los casos distintas a las profesionales. Este fenómeno complica el análisis objetivo de los problemas ambientales y de sus mecanismos de solución.

Todo este planteamiento podría resumirse en un esquema del tipo que se presenta en la página siguiente.

Los problemas de degradación ambiental son normalmente enfocados desde dos puntos de vista: el primero basado en la percepción social y el segundo en una evaluación «objetiva» respecto de parámetros cuantitativos y realizada por medio de metodologías y procedimientos estandarizados.

No cabe la menor duda que la percepción social es lejos la fuerza de cambio ambiental más poderosa, ya que aunque sea posible demostrar «científicamente» que no existe impacto ambiental negativo, la sociedad puede forzar a las autoridades a ejercer su poder a través de mecanismos de mercado (demanda), para corregir supuestas degradaciones (percepciones). Casos existen muchos, como la dioxina en el papel o en el agua, sustancias cancerígenas en pequeñísimas concentraciones en productos cosméticos, DDT u otros pesticidas en alimentos,



radiación en los mismos, detergentes y otros productos (principalmente plásticos) que son de lenta biodegradación, hormonas en la carne, metales pesados en productos marinos, deforestación, y otros. En la gran mayoría de los casos, la percepción pública (muchas veces contradicha por medio de datos científicos válidos, pero que no han tenido la fuerza de cambiar dichas percepciones) ha implicado cambios en los productos o en los procesos que los generan.

En lo que respecta a la evaluación de impactos ambientales utilizando estándares cuantitativos, métodos y procedimientos normalizados, en nuestro país existe una gran deficiencia que debería ser subsanada a la brevedad. Cuando se diseñó este proyecto, la ley de bases del medio ambiente era sólo un puñado de ideas. En la actualidad y después de un arduo trabajo, el proyecto de ley está siendo discutido en el Congreso. En cuanto a esta iniciativa, la Comisión sólo tuvo un conocimiento indirecto de la misma, a través de una «minuta» sobre el contenido normativo del proyecto que el Gobierno distribuyó. En base a tal minuta, y a pesar de que no forma parte del libro, la Comisión hizo

presente al señor Ministro Secretario General de la Presidencia, algunas consideraciones de orden general, con motivo de su aceptación a una invitación que le formulara la Comisión. Tanto durante la preparación de la ley como en el período que ha transcurrido desde que el proyecto de ley ingresara al Congreso, el tema de la no existencia de un reglamento y procedimientos de evaluación de impacto ambiental ha adquirido una gran relevancia. Esta situación ha implicado que este proyecto adquiriera una importancia temporal aún mayor, considerando que los estándares de calidad ambiental (concentraciones permisibles en la atmósfera, agua u otros componentes del medio) determinan, por una parte la capacidad de uso del medio como receptor de emisiones y, por otra, definen la calidad «mínima permisible» a la que puede estar sometido el ser humano u otro objeto a ser protegido (fauna, flora, monumentos, etc.).

Dada la importancia de la fijación de estos estándares o de los niveles de calidad ambiental para la vida de la sociedad (tanto desde el punto de vista del crecimiento económico como en la salud y bienestar de la población), la determinación de ellos responde, salvo en el caso que sólo sean un reflejo de la demanda social, a un proceso largo y complejo en el cual intervienen especialistas en el tema, funcionarios públicos, economistas y representantes políticos. Esta realidad deriva en que la gran mayoría de los países tiene estándares de calidad ambiental distintos (en algunos casos incluso fuera de rango entre ellos) para los mismos objetivos de protección. En nuestro país, todo este proceso es reemplazado por decisiones de funcionarios públicos (de hecho, la gran mayoría de los estándares de calidad ambiental en Chile son meras decisiones administrativas), quienes en la gran mayoría de los casos se limitan a copiar legislaciones de otros países, normalmente de EE.UU.

Se requiere, entonces, de un serio examen de la situación existente y de la formulación de propuestas creativas que constituyan aportes reales para los actuales problemas que Chile tiene en materia ambiental y para los que en el futuro se seguirán presentando y que nuestro país ya nunca más podrá obviar. Esta es la intención última de este libro.

Sin perjuicio de lo anterior, y producto de más de un año de trabajo, se reconoce que sólo estamos iniciando la consideración de las múltiples facetas que presenta el tema, y consecuentemente, esta iniciativa será seguida por otras que esperamos sirvan a enriquecer el debate.



Capítulo I

Informe de la
Comisión de Medio Ambiente del
Centro de Estudios Públicos

Posición de la Comisión

Considerando el carácter multidisciplinario intrínseco al tema ambiental, a la Comisión le ha tocado abordar una variedad de temas relacionados con la contaminación, uso de recursos naturales renovables, problemas sociales derivados de impactos ambientales y otros. Sin perjuicio de haber desarrollado con más o menos profundidad alguno de esos temas, en este libro sólo se presentará la posición general de la Comisión respecto del tema central que nos preocupa, esto es, sobre las bases conceptuales e implicancias prácticas para abordar la contaminación ambiental en Chile. Esto no quiere decir que los otros temas no sean importantes, sino que por motivos de priorización no ha sido posible incluirlos, y, por lo tanto, serán objeto de trabajos y publicaciones futuras. En todo caso, algunos de tales aspectos aparecen mencionados y desarrollados en los trabajos específicos publicados en esta obra.

En el seno de la Comisión, se ha producido consenso en torno a los siguientes temas o materias relacionados con la contaminación y el medio ambiente:

- Las normas técnicas que rigen el desarrollo de nuestras actividades deben estar supeditadas al marco cultural y político de nuestra sociedad. Esto involucra un cambio trascendental en la manera en que éstas son generadas en nuestro país. La limitación a las libertades individuales o colectivas, por importante y justificada que sea, corresponde a acuerdos sociales obtenidos en los niveles superiores del sistema político institucional y no a instancias administrativas.

- La comisión se plantea contraria al enfoque biocéntrico existente en algunas corrientes de pensamiento. No obstante este enfoque es respetable y, por lo tanto, se incluye un trabajo al respecto.

- La utilización o restricción del uso de los componentes del medio ambiente debe ser efectuada en forma consistente con los preceptos constitucionales respectivos. Esto conduce a tener que encontrar un equilibrio entre los derechos garantizados por nuestra Constitución, los que en muchos casos limitan entre sí, tales como el derecho a desarrollar actividades económicas y el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Se debe establecer el marco referencial para armonizar los derechos a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y tutelar la preservación de la naturaleza con el derecho a desarrollar cualquier actividad económica y el derecho de propiedad.
En el límite, las normas de calidad ambiental pueden constituirse en instrumentos expropiatorios. Al respecto es importante considerar que las actividades humanas se desarrollan bajo el marco jurídico existente y con la información disponible. Estas situaciones deben reflejarse de alguna manera en el resguardo de los derechos de las personas ante cambios en las restricciones de uso del ambiente.

- Las restricciones a la utilización del ambiente deben referirse al medio ambiente público. En este contexto existen algunos componentes del medio ambiente, que aunque privados, son administrados públicamente en cuanto a sus posibilidades de utilización. Esta situación es patente en el caso del suelo, el cual presenta características netas de propiedad privada, pero en cuanto a su uso se asemeja a un bien público dada la alta cantidad de restricciones que presenta. Esto debe ser estudiado desde una perspectiva moderna y, consecuentemente, elaborarse un marco legal consistente.

- Las definiciones usadas para abordar las situaciones de

contaminación, estándares de calidad ambiental e instrumentos de control deben ser objetivas y delimitar los conceptos utilizados en la Constitución Política. Estas definiciones no deben ser necesariamente técnicas, especialmente al ser usadas para objetivizar y delimitar conceptos constitucionales. En general, las definiciones utilizadas en las regulaciones deben ser analizadas bajo un prisma conceptual y jurídico.

- Las normas de calidad ambiental e instrumentos de control de la contaminación deben aclarar y definir las responsabilidades y obligaciones del Estado y de las personas. Este marco debe ser objeto de un amplio debate social y no ser decidido solamente a través de instrumentos administrativos o dictámenes judiciales. Algunos de los temas básicos a ser analizados son la discusión entre qué es expropiación y qué es defensa del medio ambiente; qué es limitación o función social de la propiedad y sus atributos de uso, goce y disposición de los recursos privados y públicos (por ejemplo, el grado de propiedad privada del suelo), y cuándo se afecta la esencia del derecho. Al respecto, las leyes deben constituir un marco normativo tal que impida que administrativamente se pueda vulnerar la propiedad, o sus atributos, o el derecho a desarrollar una actividad económica libremente. Otros aspectos básicos que deben ser definidos para efectos de poder disponer de un marco de uso de los recursos públicos y de solución de conflictos entre privados son los conceptos de biodiversidad, renovabilidad (especialmente en lo referente al horizonte temporal), posibilidad de restauración y sustentabilidad.
- No existe capacidad nacional, en el corto plazo, para generar estándares primarios o secundarios de calidad ambiental. Esto está principalmente relacionado con la cantidad de recursos que se asignan para estos efectos y no con la capacidad de los profesionales y científicos nacionales.

- Se debe considerar la creación de sistemas de incentivos que permitan, tanto a las instancias reguladas como reguladoras, evaluar sus actividades respecto de eventuales riesgos de expropiación física o producto de limitaciones a los atributos de la propiedad. Estos sistemas deben considerar el efecto económico de la regulación en el propietario, en qué medida interfiere la regulación con las expectativas productivas que tuvo el propietario cuando adquirió el bien, qué impacto tiene la regulación estatal sobre los objetivos perseguidos (realmente consigue proteger, conservar o preservar aspectos ambientales, protege la salud y seguridad, otorga beneficios generalizados o sólo a pequeños grupos, etc.) y por último, qué costo tiene sobre el Estado.

- La legislación relativa a estándares e instrumentos de control ambiental debe contener tres características básicas deseables: objetividad (ya sea en relación con parámetros o procedimientos), gradualidad (especialmente en su relación con un realismo económico) y diferenciación entre efectos globales y locales.

- La legislación relativa a estándares de calidad ambiental e instrumentos de control debe ser muy clara en relación a definir qué y a quiénes se les exige y quiénes evalúan y aprueban.

- Los estándares de calidad ambiental deben responder a una priorización explícita de los fenómenos y grupos a los cuales se referirá. Así, por ejemplo:
 - Salud humana.
 - Preservación de especies en peligro de extinción.
 - Conservación de ecosistemas.
 - Mantención del paisaje.

Independientemente que la enumeración anterior sea sólo a manera de ejemplo, la Comisión estima que la salud humana es el factor principal a ser protegido. Todo esto en un contexto de salud integral, es decir, proteger el bienestar

físico y mental de los seres humanos. Complementariamente, las especies, ecosistemas y paisajes únicos o representativos del país también deben ser considerados y, por último, esto debe hacerse extensivo al medio ambiente construido.

Asimismo, el enfoque regulador debe establecer procedimientos para comparar impactos no directamente valorables. Por ejemplo, belleza versus pérdida de fauna o producción de energía versus paisaje.

Las priorizaciones expresadas en los estándares deben también responder a acuerdos sociales explícitos. Los mecanismos para materializar estos acuerdos deberían considerar herramientas para eventualmente compensar a las personas afectadas. Estas compensaciones pueden incluso estar orientadas a comunidades o regiones, en el sentido de que el país puede decidir preservar o conservar ciertas áreas debido a consideraciones de beneficio nacional, pero al hacerlo concentra los costos en una región específica.

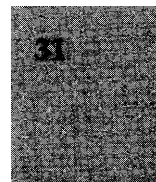
- Para situaciones en las cuales no existan normas objetivas, se deben establecer sistemas que consideren procedimientos de evaluación de los impactos subjetivos o no cuantificables tales como belleza, pérdida de fauna, paisaje u otros. Al respecto es importante poder estructurar sistemas que permitan la comparación entre valores. Estos aspectos se refieren a valoraciones subjetivas, las que deben ser materia de la máxima objetivización posible. Además, debe diferenciarse entre actividades existentes y nuevas, estableciendo plazos y responsabilidades, tanto de los privados como del Estado.

- Las leyes y regulaciones deben establecer los mecanismos de generación de las normas de calidad ambiental, garantizando la participación de las instancias sociales en este proceso.
El proceso de fijación de estándares e instrumentos de control, en el marco de definiciones básicas efectuadas por el Poder Legislativo, debe incorporar pautas para la entrada en vigencia y duración de las normas de calidad ambiental e instrumentos de control asociados. Esto se debe reflejar en los «plazos» de aplicación de los instrumentos de regulación ambiental.

El procedimiento de fijación de estándares debe considerar minimizar la incertidumbre natural que se genera en los afectados.

- La ley debe definir los niveles de riesgo máximo aceptables que estarán implícitos en las normas de calidad ambiental que se establezcan, o bien consagrar, a lo menos, que tales niveles de riesgo deben ser homogéneos entre las distintas normas de calidad ambiental.
La definición de estos niveles de riesgo debe ser efectuada a nivel político.
La ley, además de lo anterior, deberá establecer lineamientos de las condiciones ambientales (difusión y dispersión y otros) que deben ser considerados para efectos de calcular los instrumentos de regulación, de manera de no cambiar criterios de riesgo definidos en la ley, vía instrumentos administrativos.
Lo anterior debe ser válido tanto para las normas primarias como para las secundarias. En todo caso, ambas deben responder a criterios de priorización, explícitamente mencionados en la legislación.
Considerando la importancia para las personas y para las limitaciones a las libertades específicas, la ley debería establecer los niveles de riesgo y mecanismos administrativos para los casos de episodios (emergencias) de contaminación. Dado que los lineamientos sobre los estándares expresados en la ley se materializarían a través de procedimientos desarrollados administrativamente por el Poder Ejecutivo, debe ser posible cuestionarlos legalmente a través de los tribunales de justicia, cuando se estime que no reflejan el espíritu y letra de la ley.

- La Comisión estima que debe potenciarse y priorizarse el uso de instrumentos de mercado en la gestión ambiental por sobre los administrativos. Al respecto, la ley debe normar sobre el dominio, transferencia y duración de cada uno de los instrumentos. Además, deberá estipular las características básicas de cada uno de los instrumentos de control de la calidad ambiental. En este sentido se debe revisar lo actual-



mente existente y definir un marco regulatorio nuevo que no discrimine, por omisión, entre los instrumentos de control deseados.

En todo caso, cualesquiera sean los instrumentos de control utilizados, deben responder a un criterio de eficiencia medido como mínimo costo social. Si razones éticas, morales o de otro tipo hicieran aconsejable apartarse de este criterio, éstas deben ser explicitadas claramente.

- Respecto de la institucionalidad apropiada para una eficiente gestión de los objetivos y políticas ambientales, y en especial en lo relativo a la generación de estándares, definición de instrumentos y mecanismos de control y fiscalización de los mismos, existe una amplia discusión en cuanto al tipo de organización que se debiera crear. Hay consenso en que no se trataría de un ministerio.

Se considera apropiada una organización similar a la Comisión Nacional de Energía, en cuanto al rol normativo y evaluador, y una superintendencia dotada de autonomía administrativa y presupuestaria para las tareas de fiscalización y control. También se estima indispensable que sus funciones y atribuciones estén claramente especificadas y que sean evaluables en torno a parámetros medibles.

La institucionalidad debiera tener en consideración la división político-administrativa del país, pero estar dotada de la capacidad de coordinar a nivel interregional, de modo de garantizar una aplicación armónica de criterios en zonas ambientalmente similares. Esta coordinación debe ser efectiva y no depender de la buena voluntad o de las autoridades de turno. En este sentido, la institucionalidad elegida debe tener a lo menos la capacidad de:

- Materializar los lineamientos normativos expresados en la legislación. Una vez generados estándares específicos, éstos deben ser evaluados en forma periódica de acuerdo a la información disponible. Esta materialización involucra generar los números específicos, métodos de evaluación de la calidad ambiental y, en general, desarrollar reglamentos y regulaciones orien-

tados a objetivizar lo más posible los procedimientos involucrados.

- Generar información que sirva de apoyo tanto a la labor del Ejecutivo en la materialización de estándares, como del Legislativo en la labor de definición de riesgos y prioridades.
- Proponer políticas, planes, programas y acciones orientados a cumplir los objetivos de calidad ambiental estipulados en los estándares de calidad ambiental.
- Evaluar el cumplimiento de las políticas, planes, programas y acciones manteniendo un estado de la calidad ambiental del país y dimensionando la cantidad de recursos involucrados en el logro de los objetivos deseados.
- Aprobar o rechazar proposiciones de normas ambientales generadas por servicios públicos autónomos.
- Aprobar los presupuestos ambientales de las instituciones sectoriales que siguen desarrollando labores en el área.

— En materia de responsabilidad, debe discutirse la consagración de una responsabilidad de carácter objetivo o subjetivo. La primera permite sancionar por el solo hecho de que el sujeto de la norma la infrinja, cualquiera sea el motivo. Ello podría ser discutible por la incidencia que pueden tener los fenómenos naturales en la infracción de una norma de calidad ambiental o norma de emisión. En cambio, es más afín con el ordenamiento jurídico chileno la responsabilidad subjetiva, esto es, que para sancionar al infractor debe haber existido de su parte culpa o dolo. Con todo, la ley podrá fijar presunciones al respecto, dejando al sujeto la necesidad de probar que no obró con culpa o dolo. En relación con este aspecto, es conveniente consagrar infracciones a las normas sobre medio ambiente y contaminación.

Desafíos futuros

No cabe la menor duda de que la labor de la Comisión ha estado muy influida por la situación ambiental actualmente existente en el país. Uno de los aspectos de mayor relevancia durante 1992 fue la presentación al Congreso de la República, por parte del Ejecutivo, del proyecto de ley de bases del medio ambiente. A juicio de la Comisión, hay una serie de temas ambientales cuyo desarrollo conceptual no ha alcanzado un nivel tal que permita su adecuada discusión y posterior regulación.

Complementariamente a lo anterior, surgen dos grandes áreas derivadas de temas tratados de manera total o parcial en la legislación vigente o en tramitación. Estos son:

- La materialización reglamentaria de los temas desarrollados en la ley, y
- El desarrollo de instrumentos de gestión de demanda, para complementar la ineficacia de los instrumentos de comando, mayoritariamente existentes en nuestra legislación, ante incrementos importantes en los niveles de actividad de nuestro país.

Por último, aparece una serie de temas ambientales globales que nos impactan directamente y ante los cuales se requiere en forma urgente que nuestro país tome posiciones, para lo que es necesario generar conocimiento e información. Dentro de estos temas están los básicamente ambientales, como el efecto «invernadero» y el «hoyo de ozono», y aquellos que involucran la temática ambiental como un ítem, tal como lo hacen los acuerdos de libre comercio entre los países.

Como una manera, no exhaustiva, de ilustrar estos aspectos, se listan a continuación algunos de los temas relevantes:

- Locales.
 - Desarrollo de una política de control de contaminación de aguas y legislación derivada de ella.
 - Establecimiento de los principios fundamentales para una legislación sobre el uso del suelo.
 - Desarrollo de instrumentos específicos (leyes y regla-

mentos) para la aplicación de instrumentos económicos para el control ambiental.

- Desarrollo de reglamentos derivados del proyecto de ley de bases del medio ambiente.
 - i) Reglamento para el desarrollo de estudios de impacto ambiental.
 - ii) Reglamento para la dictación de normas de calidad, preservación y conservación ambiental.
- Desarrollo de una política de aplicación regional de parámetros ambientales nacionales.

— Globales.

- Efecto invernadero. Situación nacional e implicancias de ésta en la postulación de políticas de alcance internacional.
- Hoyo de ozono, efectos sobre el país y políticas derivadas.
- Análisis de tratados internacionales en el tema de residuos riesgosos. Proposición de alternativas.
- Elaboración de pautas para la negociación del tratado de libre comercio entre Chile y los Estados Unidos de Norteamérica.



Introducción

Gabriel Del Fávero

SECRETARIO EJECUTIVO COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE CEP

La etimología de la palabra «ecología», derivada de la conjunción de las palabras griegas «oikos», que significa «casa» o «ámbito vital», y «logos», es decir, discurso o reflexión racional acerca de algún tema o asunto, es reveladora. Se trata de articular un discurso basado en la razón sobre la casa o ambiente que habita la humanidad. Desde este punto de vista, se manifiesta la magnitud del problema sobre el cual debe discurrir la reflexión, pues abarca la totalidad de la biosfera, todo el planeta. Y quizás qué nuevas relaciones encontrará la ciencia entre nuestro planeta y otros cuerpos celestes que nos rodean u otros más lejanos, y que extienda hasta el infinito el ámbito de nuestras preocupaciones en torno al tema.

Mientras tanto, la humanidad ha ido desarrollando una reflexión de creciente profundidad respecto de la biosfera y de su capacidad de sustentar condiciones de vida equivalentes o análogas a las conocidas hasta ahora.

Las normas morales son el resultado de la cultura, esto es, del desarrollo de una ética cuya finalidad es procurar una mejor y más larga vida a los seres humanos que, por naturaleza, viven en forma gregaria. De manera que el problema ético actual es la clarificación de las responsabilidades que le caben al ser humano ya no sólo en relación a otros hombres, sino a la naturaleza en su globalidad, a la biosfera precisamente, pues sin las características que ésta actualmente posee la vida humana no tiene posibilidad alguna de continuar.

Se ha suscitado así una discusión sobre importantes consideraciones filosóficas y morales acerca del hombre, incluyendo su condición de centro de la historia. Tema de tal debate lo constituyen su rol en la evolución natural de las especies, la responsabilidad (o culpa) en el futuro que depara a las generaciones venideras y en la subsistencia o

desaparición de innumerables especies de flora y fauna o de paisajes naturales, la forma de explotación de los recursos naturales, sean renovables o no, en la contaminación del aire, agua o suelos o en la pérdida o degradación de tales recursos.

En su ensayo, Juan Pablo Illanes nos da luces sobre el lugar del homo sapiens en la historia natural del planeta y del hecho que su inteligencia y su sentido ético, desarrollados durante su evolución, son las armas que le han permitido ser una especie exitosa. Y son esas características, precisamente, las que han llevado al ser humano a preocuparse de otras especies.

El grado de conciencia que el hombre ha ido adquiriendo sobre los efectos adversos que ha causado y de como éstos pueden comprometer la viabilidad de la vida, no sólo del hombre, sino que de todas las manifestaciones que aquélla asume, ha sido el resultado del avance del conocimiento, a pesar de que existan muchas incertidumbres y aspectos poco conocidos.

Podría sostenerse que la preocupación del hombre por la ecología implica un gran salto en su desarrollo ético y moral, pero, como todo fenómeno axiológico, tiene una temporalidad que a veces no se aviene con la urgencia de los problemas concretos que es necesario enfrentar. De hecho, existe mucho por hacer respecto de la moralidad que atañe al hombre en relación a su prójimo, lo cual tiene una realidad bastante más concreta y cercana que la preocupación que pueda suscitar, por ejemplo, una especie —animal o vegetal— en extinción, y no hay que olvidar que el aprendizaje social demora entre tres y seis generaciones.

Al respecto hay que considerar que la abstracción implícita en la moralidad de la ecología es alta, y por ende, supone también una elevada conciencia moral, lo cual dificulta enormemente la transmisión de valores y la creación de una «cultura» ecológica. A ello se suma la misma complejidad de los problemas propios de la ecología, los que tienen características interdisciplinarias, y las numerosas incógnitas que subsisten a nivel científico, como tan bien acertadamente destaca Juan Pablo manes.

En este orden de ideas son indispensables la educación y la clarificación de los valores que están detrás de una auténtica ecología, pues la única manera de tener éxito en la resolución de las dificultades que nos plantean, si queremos enfrentarlas, es lograr cambios conductuales relevantes y masivos en las personas. Obtener dichos

cambios es tan dependiente de la difusión de los conocimientos relacionados con la ecología y del desarrollo correlativo de la conciencia moral en torno al tema, como, por ejemplo, de la capacidad reguladora y fiscalizadora del Estado, dado que se trata de un problema esencialmente axiológico y cultural y no sólo político-jurídico.

Así, el conocimiento que se ha ido generando respecto de las múltiples interrelaciones existentes entre la actividad antrópica y la biosfera ha colaborado en el desarrollo moral de la humanidad en esta materia y seguirá haciéndolo en el futuro.

En la actualidad hay que enfrentar un doble desafío: prevenir problemas ambientales y solucionar aquéllos actualmente existentes que no fueron previstos oportunamente. Lo primero se puede lograr a través de estudios científicos y reflexiones filosóficas más profundos, que esclarezcan los principios, valores y conceptos involucrados, así como la difusión de éstos mediante la educación de las personas. Lo segundo, en cambio, supone adoptar decisiones *hic et nunc* y poner en práctica medidas concretas.

Ese doble desafío deja de manifiesto otro obstáculo que es necesario salvar, y que consiste básicamente en que los valores implicados en la ecología deben ser armonizados con otros que el hombre también considera respetables, y que pueden en ocasiones entrar en conflicto. El desarrollo económico, la libertad de los individuos, la democracia como sistema que permite tomar decisiones colectivas y el derecho de propiedad son valores que también es necesario preservar y ampliar, y que talvez deban ser reformulados creativamente para armonizarlos con las exigencias que plantea la ecología.

Dicha disputa axiológica es una nueva forma de tensión entre bien común y bien individual, como queda en evidencia en los trabajos de Alejandro Rojas y Arturo Fontaine. De lo expuesto en sus planteamientos se desprende que para resolver dicha tensión sin comprometer la vigencia de valores como los señalados, es menester estar alertas a la aparición de posiciones ideológicas, de rasgos utópicos, que todo lo supeditan a los requerimientos de la biosfera, en que se percibe al hombre como un ser súper depredador. Esa percepción sería parcial y equívoca, pues olvida que ese hombre es el mismo que ha ido desarrollando su conciencia moral frente a la naturaleza que lo rodea.

La creación de soluciones no puede consistir en la renuncia de la humanidad a ejercer su libertad y a asumir las responsabilidades que individual y colectivamente le competen si es que pretende salva-

guardar ese derecho. El surgimiento de una nueva clase política, que se arrogue el conocimiento último que permitiría salvar a la humanidad de la catástrofe ecológica, conllevaría la misma clase de peligros de otras recetas ideológicas, cuyos buenos propósitos se han traducido en opresión y totalitarismo.

La discusión actual en el debate filosófico relativo a la ecología está representada aquí por los artículos de Alejandro Rojas y Arturo Fontaine Talavera. A veces se ha radicalizado el debate, contraponiendo supuestas visiones «antropocéntricas» a otras «biocéntricas». En estas últimas, toda conducta humana debe someterse a las obligaciones que demanda el cuidado de la biosfera, en que toda manifestación del mundo animal, vegetal y mineral (las piedras tienen «derechos») está a la par con el hombre. Las visiones antropocéntricas adolecerían del grave defecto de ubicar al hombre como la suprema creación de la evolución de la naturaleza, confiriéndole un status de preeminencia que carece de real fundamento, pues no es otra cosa que un miembro más de la naturaleza, y de reciente aparición, según los cánones temporales de la historia de la biosfera.

El referido debate deja la sensación de que sin la divulgación, educación y proposición de valores afines a los objetivos de la protección ambiental, de manera que ésta surja del actuar libre e informado de las personas, se corre el riesgo de que determinados grupos se erijan como únicas voces autorizadas para determinar qué pueden o no hacer las personas. Existiría la necesidad de que los criterios, formas y condiciones que den lugar a las limitaciones de la libertad humana deban ser el producto de un amplio consenso social, pues si los problemas del medio ambiente son de la máxima seriedad, lo es también, y en mayor grado, el de la libertad humana.

En el fondo, el problema de la ecología es el correlato de la aparición de la «escasez» en áreas nuevas. Hasta hace poco, ciertos elementos del medio ambiente se presentaban dotados de características de infinitud: el aire limpio, los recursos hídricos no contaminados, la fecundidad de los suelos, los bosques impenetrables, los recursos minerales inagotables, las innumerables especies salvajes.

En otras palabras, una infinita capacidad de regeneración de la naturaleza, que hacía de cualquier elemento de la misma algo virtualmente ilimitado. La respuesta conocida más apropiada para solucionar la escasez, es decir, la existencia precaria o limitada de algo, ha sido la generación de derechos o regulaciones, que definan modos de



hacer responsables de sus actos y decisiones a los individuos. De esta forma, se imponen límites a la conducta humana, y también se acotan y determinan los beneficios o ventajas que representan para el titular del derecho sobre la cosa de que se trate. Es en un esquema político-jurídico de respeto a la propiedad privada donde surge y se cotiza adecuadamente el valor de cada cosa, sea ésta un bien específico u otra como el aire puro, aguas limpias, suelos fértiles, bosques sanos, etc.

Lo anterior supone enfatizar lo que hoy se denomina desarrollo de carácter «sustentable», que vincula el interés individual con el interés común (representado, entre otros, por los problemas de la ecología, pero no únicamente), para lo cual hay que explicitar los costos externos que implican las actividades de los privados para que se incorporen a los costos conocidos (internalizar las externalidades), así como el siglo pasado implicó internalizar los costos laborales derivados de la abolición de la esclavitud. El costo de uso de los bienes comunes o el valor de existencia de determinados recursos o especies o simplemente paisajes son aún externalidades no totalmente asumidas como costos por los privados y por el Estado cuando actúa en tal calidad.

En este sentido, el concepto de desarrollo sustentable es una respuesta y un desafío, pues es un intento de armonizar la satisfacción de las necesidades actuales, asegurando las posibilidades de las generaciones futuras para lograr los mismos objetivos y la calidad de vida que la actual. Requiere de un uso racional de los recursos, en que las prácticas depredatorias y dilapidadoras no pueden constituir el sustento ni la viabilidad económica de un proyecto o actividad productiva.

Tal ha sido la posición predominante en la Comisión de Medio Ambiente del CEP y entre los expertos invitados a ella. Sin embargo, se ha querido consignar adecuadamente la existencia de enfoques alternativos, que resultan ser críticos del capitalismo competitivo y muy escépticos de su capacidad de armonizar sus requerimientos propios con los del medio ambiente. El trabajo de Alejandro Rojas se inscribe en esta tendencia que busca otros modos de organización social.

Con todo ha primado en la Comisión la idea de que un verdadero desarrollo supone siempre el debido cuidado y respeto de los recursos humanos y naturales que permiten el progreso de las condiciones de vida de la humanidad. Un modelo económico basado en la actividad privada ha demostrado ser más cuidadoso de tales recursos que, por ejemplo, los modelos económicos del llamado «socialismo real» o donde la economía se encuentra mayoritariamente estatizada.

De hecho, la preocupación por el medio ambiente surge con fuerza y decisión en países con economía de mercado, pues es consustancial a su naturaleza verdadera evitar el despilfarro de los recursos, su eficiente aprovechamiento y asegurar su permanencia y regeneración, pues resulta vital para continuar con las actividades productivas y, consecuentemente, con el desarrollo. Países como Alemania, Suiza, Holanda, Estados Unidos, Japón y Canadá, que están entre los más desarrollados del mundo, se basan en la economía social de mercado y a la vez tienen las normativas más avanzadas y exigentes en materia de medio ambiente.

Con todo, se puede hipotetizar que probablemente ningún modelo económico ha prescindido deliberadamente de la variable ambiental, sino que simplemente no estaba en el horizonte de las preocupaciones y del conocimiento humano.

Lo interesante es que es en las economías liberales de las democracias occidentales donde aparece la preocupación por la ecología y son las que más han invertido en la investigación de sus problemas y de las soluciones necesarias.

Ello parece natural pues es en las sociedades democráticas donde todos los grupos o personas tienen libertad para manifestar y profesar sus ideas. De esta posibilidad nacen los grupos «verdes» que llaman la atención sobre los peligros que corre el medio ambiente, iniciando así la toma de conciencia de las sociedades occidentales sobre el tema. De tal libertad surgen las regulaciones, muchas veces consensuadas, para prevenir los efectos negativos de la actividad económica sobre el medio ambiente y la voluntad de remediar aquello que estaba mal.

Es la dinámica de la libertad, que lleva a cuestionarse y preguntarse sobre su propia acción, la que hace surgir la preocupación por la ecología y de aquello que está en definitiva en el origen de la conciencia ecológica. No hay un fenómeno similar en las sociedades estatistas o totalitarias.

No puede confundirse, entonces, la actitud depredatoria o consumista de determinados grupos o personas, en cuyo origen puede haber ignorancia, falta de conciencia o mala intención, con deficiencias propias del sistema de economía social de mercado como algunos pensadores han sostenido, atribuyendo a este modelo económico la responsabilidad del deterioro del medio ambiente y los problemas ecológicos del mundo. Ello derivaría, básicamente, de una indiscriminada presión

sobre los recursos naturales con el afán de producir cada vez más y de esa manera satisfacer un insaciable afán de lucro.

Sin embargo, el principio rector del sistema económico liberal no es el ilimitado afán de lucro, sino que la libertad que permite la manifestación de la infinita creatividad del hombre, acompañada de su necesario correlativo de responsabilidad, lo que supone el más elevado contenido ético en el actuar humano e implica la satisfacción de las exigencias derivadas del bien común. En estas últimas encontramos no sólo aquellas que impone la ecología, sino múltiples obligaciones sociales de diferente índole.

En rigor, los problemas de contaminación y degradación del medio ambiente son el producto de complejas interacciones y de la actividad de todos los sectores de la sociedad, del Estado y de los particulares, de los que producen y de los que consumen, de las conductas conscientes e inconscientes de la población. En otras palabras es un problema que atañe a la sociedad toda y no existe un solo responsable ni tampoco es inherente a un esquema o modelo económico específico. Sostener lo contrario es simplificar el problema e hipotecar las posibilidades de determinar cuáles son las soluciones más acertadas, creando, por añadidura, falsas expectativas.

Si bien el cuidado de lo propio ha demostrado ser más eficaz que la capacidad de entes colectivos para defender bienes comunes, como destaca Arturo Fontaine, al Estado le cabe un rol insustituible en la definición de los derechos, pues es la instancia a través de la cual se deben generar tales regulaciones jurídicas y es la institución llamada a proveer el mecanismo de coerción que asegure el respeto y cumplimiento de las normas.

La actividad regulatoria del Estado no está exenta de dificultades. El establecimiento de normativas jurídicas que impliquen la apropiación de bienes comunes debe tener en cuenta los perjuicios que causa, lo que debe traducirse en la determinación del valor de uso de un componente del medio ambiente o el valor de existencia de un paisaje o especie o de un recurso no renovable. Debe responder a la interrogante relativa si la ganancia de prevenir un daño es superior a la pérdida que se produce en otro ámbito como consecuencia de prohibir la acción que causa ese deterioro. En la evaluación del daño ambiental se debe tener presente si la situación producida es irreversible o no, pues en el fondo responde a la magnitud de la escasez.

Por otra parte, las incertidumbres científicas existentes en

torno a muchos problemas medioambientales aconsejan adoptar criterios conservacionistas o al menos cautelosos. Pareciera preferible no asumir riesgos de efectos adversos de carácter irreversible, aun cuando el estado del arte del conocimiento no permita clarificar si se va a producir o no en realidad ese resultado adverso irreversible, pues si éste se verifica no habrá modo de repararlo.

Las nuevas regulaciones que deban elaborarse enfrentan, además, normativas y formas de propiedad privada y de producción en vigencia fuertemente arraigadas. En consecuencia, se requiere de soluciones creativas, que no van únicamente por el camino de las restricciones y de la actividad represiva del Estado, la cual tiene sus propios límites en cuanto a su eficacia y eficiencia, sino también por la vía de los incentivos, de la creación de nuevas formas de propiedad privada que permitan la superación de la escasez, de un objetivo análisis de costos y beneficios, de clarificar los fines de salud, de preservación, de conservación, estéticos u otros que la sociedad persiga.

Una vez definidos los objetivos de calidad ambiental que se consideren indispensables para una sociedad determinada, éstos deben traducirse en reglas de carácter general, en instrumentos de gestión ambiental, tales como normas de calidad ambiental, o normas sobre emisión de efluentes o normas para evaluar objetivamente los impactos ambientales de las actividades del hombre o las formas que podrá asumir la explotación de recursos naturales renovables. Respecto del establecimiento de estos estándares y reglas, debe garantizarse la participación de la ciudadanía, de manera que se refleje en aquéllos el sentir de la comunidad que va a quedar regulada por tal normativa.

Naturalmente que esos procesos son complejos, especialmente considerando la distancia existente entre el conocimiento científico sobre la materia -con todas sus limitaciones- y las percepciones subjetivas y poco informadas que pueden darse en la cultura popular de una sociedad. Sin embargo, el esfuerzo en tal sentido es indispensable, no sólo porque contribuye a la difusión del conocimiento y educación de los miembros de la sociedad, sino porque es la manera de adoptar decisiones que le conciernen a la sociedad, sin delegar dicha responsabilidad únicamente en los gobernantes de turno.

Entre los instrumentos de gestión ambiental cabe considerar mecanismos de mercado, como los derechos de emisión transables, o herramientas tributarias como depreciaciones aceleradas o tratamientos aduaneros preferenciales que permitan acelerar los cambios a procesos

productivos menos contaminantes o adquirir tecnologías descontaminantes o incentivos a la conservación o preservación de recursos naturales.

Adicionalmente, las normas pertinentes deben estar sometidas a un proceso de revisión periódico de carácter obligatorio. El avance del conocimiento científico, las soluciones tecnológicas que del mismo se pueden derivar, la mayor rigurosidad en la determinación de correlaciones entre ciertos actos o elementos y sus efectos sobre el medio ambiente permiten una constante adecuación de tales regulaciones. De lo contrario, se corre el riesgo de mantener normas obsoletas que pueden imponer costos altísimos a la sociedad en forma innecesaria.

Desde otra perspectiva, distintas exigencias pueden derivarse para las actividades del hombre si se amplía el entorno geográfico respecto del cual se analizan los fenómenos relacionados con la ecología. Hay problemas que se manifiestan de un modo global, trascendiendo las fronteras naturales y políticas. Fenómenos como el hoyo de la capa de ozono, la lluvia ácida, el efecto invernadero, erosión de suelos y desertificación, contaminación de los océanos, el agotamiento de las fuentes energéticas derivadas de combustibles fósiles o de los recursos naturales no renovables, el desarrollo de fuentes de energía ambientalmente viables son desafíos que deben enfrentarse con resolución y muchas veces con decisiones que involucran a numerosos Estados. Desde luego que actualmente no existen instituciones internacionales con suficiente poder para imponer soluciones de esa naturaleza y tal vez también falten los instrumentos adecuados para ello.

Los efectos a nivel mundial, las implicancias de carácter político, los valores por ser armonizados, las exigencias educacionales, la urgencia de algunos problemas y su magnitud, la incertidumbre científica, deben ser considerados a la hora de diseñar políticas y de establecer el marco regulatorio legal y la institucionalidad que deberá regir de ahora en adelante en las sociedades que quieran lograr niveles de progreso material sin desmedro de la casa común que comparten los hombres y la naturaleza.



Entorno natural del hombre (*)

Juan Pablo Illanes

Juan Pablo Illanes es Médico Cirujano, Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Public Health, Universidad de Harvard. Editor de Redacción, diario *El Mercurio*. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

(*) Texto de la conferencia presentada el 22 de junio de 1993 en el marco del ciclo «Habitar humano y medio ambiente» organizado por el Centro de Estudios Públicos.

La naturaleza, que constituye la morada de todos los seres vivos, es extraordinariamente compleja. Decir naturaleza es incluir toda la realidad física circundante y en ella quedan encerrados todos los objetivos de la ciencia y la más enorme diversidad de fenómenos, de relaciones y de cambios. La ciencia procura encontrar regularidades, situaciones que se repiten y que podrían llevarnos a formular predicciones. Para hacerlo, descompone los fenómenos, al menos desde tiempos de Descartes, y aísla pequeñísimos elementos de la realidad para poder estudiarlos. Con ello, llegamos a convencernos de que sabemos algo, pero nuestros conocimientos tienen profundas limitaciones. Por ejemplo, la teoría de la gravedad fue uno de los grandes hitos en la historia de la física, pese a lo cual no podemos perder de vista que se trata simplemente de una descripción elemental de la atracción de las masas, observada a través de la repetición monótona de un experimento simple, la caída libre de los cuerpos y la observación del movimiento de algunos planetas. Se trata de una simplificación útil, pero no puede olvidarse que representa una abstracción de la realidad, que no refleja uno de sus aspectos más característicos, que es la complejidad de los fenómenos naturales. Hasta el más sencillo de los fenómenos físicos en la realidad natural se presenta en forma compleja, como un sistema en que, por así decirlo, está todo relacionado con todo.

Como biólogo, quiero introducir una perspectiva científica al estudio del habitar humano en la Tierra, que es el tema central de estas charlas. Y el primer elemento que, creo, debemos considerar es éste de la complejidad. Los sistemas complejos son difíciles de conocer y de predecir. Tomemos un ejemplo sencillo, el del clima. Se trata simplemente de establecer el comportamiento de grandes masas de aire, con

determinadas temperaturas y humedades, que se desplazan según las presiones originadas por el calentamiento. Cada uno de estos fenómenos es bien conocido y sus «leyes» fueron establecidas hace varios siglos. Sin embargo, la teoría pura no puede predecir los hechos que habrán de acontecer en este campo, porque la complejidad que adquieren cuando se les observa en los espacios abiertos de la atmósfera los vuelve casi inextricables. Una pequeña alteración en uno de los elementos en algún lugar del planeta tiene consecuencias que pueden propagarse en distintas direcciones y terminar provocando grandes efectos en algún otro lugar. El batir de las alas de una mariposa, según se dice, puede mover una pequeña cantidad de aire, que a su vez provoca otro cambio minúsculo, y así sucesivamente, desencadenándose una serie de fenómenos que llegan a constituir una tormenta en otro continente. Es el llamado «efecto mariposa», ejemplo paradigmático en la teoría del caos.

Si esta complejidad es ya superior a las capacidades de abstracción y estudio del ser humano, puede comprenderse cuánto más difícil resulta estudiar cualquier relación entre seres vivos y entre los seres vivos y aquella parte inerte de la naturaleza que los alberga.

Los resultados prácticos de la aplicación del método científico, sin embargo, fácilmente nos pueden llevar a tener alucinaciones de poder y a creer que podemos llegar a dominar todos los aspectos de la naturaleza. Nuestros conocimientos de las cosas son parciales y limitados y no debemos perder el sentido global de los acontecimientos naturales.

En las últimas décadas ha surgido el estudio de los fenómenos complejos como una rama del saber que procura desentrañar las redes causales y las interdependencias de varios elementos dentro de un sistema. Como campo de estudio aún no está bien desarrollado, no tiene una tradición como la del pensamiento cartesiano, no todos están de acuerdo en las líneas básicas, pero es un desarrollo que puede ser de gran interés para estudiar asuntos como el que nos ocupa hoy día. Se habla de una teoría general de sistemas, de estudios organísmicos, de la aproximación holística. Pero no existe un método de análisis universalmente aceptable para tratar fenómenos complejos, como las redes ecológicas o las interacciones entre los seres vivos. Para algunos, aún no ha nacido el padre de estos estudios, el Galileo o el Einstein, que le dé cierta sistematicidad a este enfoque.

En todo caso, el estudio de la teoría de sistemas ha permitido reconocer un campo diferente, que requiere de instrumentos de

análisis especiales. A no dudarlo, las relaciones en la biosfera constituyen un sistema complejo, en el que no es posible aislar dos o tres variables, estudiarlas y crear un modelo general que pueda ser aplicado en cualquier circunstancia.

Sin olvidar esto, seguiremos ahora en forma lineal y simple la historia que nos ayuda a formarnos una idea del lugar que ocupa el hombre en la naturaleza, que es nuestro tema de reflexión. Comencemos por describir en un apretado resumen la historia de ese pedazo de naturaleza que habitamos: la Tierra.

Se trata de un planeta, probablemente desprendido del Sol hace unos dos o tres mil millones de años, un período de tiempo que supera nuestra imaginación y nuestros conceptos intuitivos. Si se ha desprendido del Sol, ha experimentado un lento enfriamiento a través del tiempo, pero en esta última etapa histórica, los 2 millones de años del pleistoceno, ha atravesado por períodos de frío glacial y períodos cálidos. La vida que conocemos surge en este planeta, en los océanos primitivos, y evoluciona, según pensamos ahora, por un mecanismo de variabilidad, herencia, selección natural y adaptación. La Tierra cambia lentamente, pero cambia sin cesar en períodos de tiempo que para nosotros parecen fases estáticas. El «tiempo profundo» ha sido la feliz expresión de un escritor contemporáneo para describir este transcurrir lentísimo. Las formas de vida cambian a un ritmo mayor, adaptándose a las condiciones cambiantes del clima y a las complejas relaciones mutuas entre las especies vivas.

Existe un mito de que la naturaleza, entregada a sí misma, produce equilibrios estables y permanentes. Pero los equilibrios naturales, si es que pueden llamarse equilibrios, son dinámicos, cambiantes y en constante evolución.

Hace unos 50 u 80 millones de años, es decir en el último cuarto de hora de la historia natural —que representa algo así como el uno o dos por ciento del tiempo de la Tierra—, se inician cambios en la historia de la vida que podemos tomar arbitrariamente como punto de partida de la evolución del hombre. Simplemente por tomar algún punto.

La evolución de la especie humana, como es obvio, es de gran interés para nosotros. Después de todo somos humanos. Pero también estamos interesados en esta especie, además, porque sería ella la que estaría provocando el grave peligro de destrucción del medio ambiente natural y la que podría alterar los equilibrios ecológicos actuales

poniendo en riesgo la sobrevivencia de una enorme variedad de seres vivos.

Paradójicamente, ésta parece ser la única especie que tiene conciencia de esta clase de problemas y que se preocupa de evitar la alteración del medio para permitir que puedan sobrevivir las demás. Nada de esto ocurrió, se presume, en los históricos momentos en que desaparecían rápidamente los grandes reptiles, los dinosaurios. Probablemente nadie se dio cuenta y a nadie le importó, aunque no existía ningún ser viviente cuya ausencia pudiera ser calificada de «nadie».

En esta condensada historia, no podemos dedicar más de un segundo a cada milenio, pero trataremos de situar a la especie humana en un contexto biológico general y de observar el lugar que le corresponde en la historia natural del planeta.

El hombre pertenece al grupo de los primates, que proviene del gran tronco de los insectívoros. Son los primeros mamíferos, pequeños, insignificantes, temerosos, que vivían semi ocultos en los bosques, mientras el planeta era dominado por los grandes reptiles. Pero estos desaparecen bruscamente, en medio de uno de los grandes misterios de la historia natural, y dejan campo libre a los mamíferos. Esto fue lo que ocurrió hace unos 50 a 80 millones de años.

Se producen entonces evoluciones y desarrollos de diferentes especies en todas las direcciones. A riesgo de sobresimplificar, digamos que los campos abiertos quedaron dominados por las fieras. Se trata de animales cazadores, de grandes patas, muy fuertes y ágiles, garras poderosas, dientes destructores y con otras adaptaciones para la vida predatoria, como un agudo olfato, un oído finísimo, una gran capacidad para observar cualquier movimiento. También se extendieron los animales herbívoros en las grandes llanuras de pastizales que servían justamente como presas a las fieras de caza.

Entretanto, permanecieron en el bosque otros grupos que se adaptaron a una vida de recolectores. Sus manos prensiles para coger el alimento fueron haciéndose cada vez más versátiles. Sus ojos desarrollaron una visión estereoscópica, tridimensional, para lo cual se ubicaron en la parte delantera de la cara y se adaptaron a la visión de colores y de objetos estáticos. Su cerebro creció a dimensiones bastante grandes, posiblemente por las exigencias de una visión bastante compleja. Estos pequeños animales evolucionan hacia lo que hoy conocemos como los monos. Algunos de ellos alcanzan gran tamaño, desarrollan brazos más o menos poderosos y se trasladan columpiándose de las ramas de los

árboles. En cierto modo podemos decir que viven una dulce existencia, comiendo frutas, sin grandes amenazas. A diferencia de los insectívoros primitivos, estas criaturas están bastante adaptadas para vivir en el bosque y no tienen ninguna razón para salir a explorar posibilidades de existencia en la llanura, en las montañas o en algún otro rincón de la naturaleza.

Pero hace unos 15 millones de años, los bosques, por razones de la evolución climática del planeta, experimentaron una considerable reducción y los antepasados de los monos tuvieron que ingeniárselas para sobrevivir. En síntesis, se dividieron en dos: los que se quedaron en el bosque y los que se aventuraron fuera de él. Los descendientes de los que se quedaron son hoy los chimpancés, los orangutanes, los gorilas. Sus números han disminuido y algunos se encuentran en peligro de extinción.

Los que se arriesgaron fuera del bosque enfrentaban una situación dramáticamente difícil. Tenían que competir con fieras cazadoras muy bien adaptadas a las llanuras o competir con los herbívoros que contaban ya con las adaptaciones digestivas necesarias para vivir como vegetarianos. Esas dificultades, para seres que vivían acostumbrados a tomar sus alimentos de los árboles o ingerir insectos y otros animalillos que no presentaban mayores peligros, han sido comparadas a la idea de la expulsión del paraíso. Súbitamente, lo que puede ser en varios milenios en términos evolutivos, comenzaron a sudar para conseguir una mísera raíz y muchas veces debían exponerse a la competencia de algunos de esos grandes gatos que seguramente emitían, como hoy, unos rugidos aterradores.

La historia de esta aventura es la historia de la especie humana. Un animal que estaba preparado para una vida muy distinta, pero que contaba con algunos instrumentos que pudieron aprovecharse muy bien para sus nuevos desafíos. Un cerebro grande que se fue refinando, haciendo más complejo y más rápido; unas manos que pudieron liberarse de su función locomotora para dedicarse a emplear herramientas, tales como las primitivas armas de caza; cierto grado de organización social que le permitió adoptar hábitos de algunos cazadores organizados, como puede ser el lobo, por ejemplo, que caza en manadas mediante la cooperación y cierto grado rudimentario de comunicación entre individuos.

La clave evolutiva de este mono que se convierte en cazador fue el empleo de armas artificiales. Esta fue la ventaja decisiva y ésta

fue la característica absolutamente nueva que le ha permitido su espectacular desarrollo. Por eso, puede afirmarse que lo más natural para el hombre es lo artificial.

Después de haber aprendido a usar herramientas, parece haber introducido su propia fabricación de armas, y junto a la rápida evolución de un cerebro cada vez más poderoso aparece el desarrollo de una refinada comunicación entre individuos y una organización social cada vez más compleja. El conjunto de fenómenos que habría que describir aquí es muy amplio, pero digamos que esta combinación de factores constituye la raíz biológica de la organización de la sociedad humana. Tomemos un ejemplo. Para alcanzar ese inmenso desarrollo cerebral, los pequeños recién nacidos debían continuar su maduración fuera del útero y, por ello, llegaron a nacer en un estado de casi total incapacidad, a diferencia de otros animales que al nacer ya son capaces de moverse por sí mismos y de cumplir varias funciones. Las hembras debían entonces cuidar a los retoños y con ello se crea la necesidad de adoptar una morada estable adonde regresen los machos cazadores con el alimento. Nuestro animal es ya un mono cazador sedentario. Otros elementos también confluyen para lograr estos cambios y comienzan rápidas sinergias entre los hábitos biológicos —genéticos— y los hábitos culturales, que aceleren la evolución y la adaptabilidad del hombre.

Como especie, este ser humano no es un animal especializado en determinadas condiciones ambientales, como puede ser el bosque o el mar o el desierto. Más bien, la extraordinaria fortaleza del ser humano parece residir en su falta de especialización y en su adaptabilidad a condiciones muy cambiantes o, al menos, a condiciones muy diferentes, como los hielos árticos, los desiertos, la altura del altiplano y prácticamente todos los rincones de la Tierra.

Quiero recapitular un poco. La naturaleza es compleja, no genera equilibrios estáticos, sino que está en continuo cambio y evolución. Las relaciones entre los seres vivos son también muy complejas y dinámicas. En períodos largos las especies vivientes van cambiando, adaptándose a las condiciones de su entorno.

Si se altera una relación puntual entre dos especies, o entre una especie y su medio, pueden alterarse condiciones que afectan en forma importante a una tercera. En este punto podría multiplicar los ejemplos, muchos de los cuales podrían referirse a intervenciones humanas destinadas a mejorar las condiciones de supervivencia de una especie, pero que han terminado perjudicando a otras y, a la larga, a la misma



especie que se quería proteger. Ya en la década de los 50 se registró una triste experiencia en Australia con los cangurús. Algo similar ocurrió en la reserva de Tsavo en Kenya, en que por ayudar a los elefantes se les facilitó el camino al lago para que bebieran agua. Antes de eso, solían morir algunos animales durante los períodos de sequía. Los nuevos caminos efectivamente facilitaron la vida de los elefantes, que proliferaron más allá de lo que los árboles y arbustos de la reserva podían alimentar. Mucho se discutió si debía sacrificarse o no a unos 3 mil elefantes, pero antes de que se resolviera nada, una sequía causó estragos, matando a unos 6 mil, los que antes de desaparecer destrozaron la vegetación, dejando un espacio yermo hasta el día de hoy. Pero quizá mejor estudiados que éstos han sido los intentos por controlar ciertas infecciones que los animales pueden transmitir a los seres humanos. Muchos de ellos demuestran la insuficiencia del enfoque reduccionista y su incapacidad para proporcionar conocimientos prácticos que nos permitan manipular un sistema complejo.

La complejidad de la naturaleza crea también una multiplicidad de hábitats. Existen diferentes entornos según los equipos sensoriales y los nichos ecológicos en que se sitúan las especies. Así, dos especies de animales, que pueden vivir muy próximas espacialmente, pueden estar muy distantes desde un punto de vista ecológico. Pensemos en la selva tropical. Viven ahí especies de pájaros adaptados a la *luz* que anidan en las copas de los árboles, empollan y mueren a esa altura, donde consiguen sus alimentos y satisfacen todas sus necesidades. Desde el punto de vista de ellos, la oscuridad profunda que los acompaña siempre al mirar desde la altura hacia abajo es un misterio que no les interesa. Haya o no suelo, es cosa que esos animalitos jamás sabrán. Otros, en cambio, viven a ras de suelo en una permanente penumbra, aislados de la luz solar por la tupida vegetación. No tienen, tampoco, un hábito diurno.

Estas diferencias de hábitos temporales son muy importantes. Por ejemplo, en todos los lugares donde viven seres humanos hay murciélagos. La población mundial de murciélagos se estima en varios cientos de millones, sino miles, pero rara vez un ser humano se topa con un murciélago, simplemente porque ellos habitan lugares oscuros, vuelan y tienen su vigilia durante la noche. Toda nuestra vida ocurre en el suelo no en el aire, en lugares iluminados y está organizada en torno al ciclo diario de 24 horas. El que sale de este ciclo, para todos los efectos prácticos se retira de la sociedad humana. La IBM hace algunos años

organizó todas sus divisiones en el mundo sobre la base de los husos horarios. No importaba que dos oficinas quedaran muy lejos, en Europa y África, por ejemplo, si ambas tenían el mismo horario de trabajo. El teléfono y el fax pueden trasponer la distancia, pero quedan profundamente separadas, aunque estén más cerca, si en una se trabaja cuando en la otra se duerme.

Pero hasta ahora me he referido sólo a lo más obvio. Las diferencias sensoriales pueden aumentar mucho más la distancia entre dos especies. Para nosotros la luz es un fenómeno evidente, pero algunos animales verán ondas luminosas que nuestros ojos no pueden ver, que nosotros describiríamos como oscuridad. La abeja, por ejemplo, puede ver los rayos ultravioletas y un paisaje tendrá para ella otros colores. En cambio no distingue entre algunas tonalidades que nosotros vemos claramente. Son algo así como daltónicas. Demos un paso más allá y consideremos el caso de los perros. Como muchos animales cazadores de larga data, distinguen cientos de olores y pueden captarlos a lo lejos. Cabe hablar de un paisaje olfativo, que es una parte fundamental del medio ambiente para cualquier especie de cazadores e ignorada por el ser humano porque debe recurrir a complejos instrumentos para detectar siquiera la existencia de esos elementos. Podemos ir aun más lejos. Existen peces que son sensibles a los campos eléctricos y pueden detectar —quizá deberíamos decir observar, sentir o tal vez contemplar— campos eléctricos en su medio ambiente. Una especie que evolucione a partir de estos peces podría llegar a sentir profundas emociones al observar determinadas configuraciones de los campos eléctricos.

De lo anterior, personalmente concluyo que deben existir otras dimensiones del medio ambiente que ni siquiera sospechamos que existen. Los conceptos de nuestras ciencias naturales fueron desarrollados por nosotros mismos según nuestras capacidades de observación, pero si hubiera otros intelectos, con otros órganos sensoriales, con seguridad definirían su entorno con dimensiones desconocidas para nosotros. La naturaleza seguiría siendo la misma, pero las construcciones intelectuales y conceptuales que pueden hacerse de ella podrían ser muy variadas.

En suma, este complejo sistema de relaciones que constituye la biosfera evoluciona permanentemente. La Tierra cambia y las especies se van adaptando, cambiando su patrimonio genético. De este modo, la evolución sigue su marcha. Pero las especies no sólo cambian, adaptándose, sino que también fracasan y desaparecen. Cada año des-

aparecen miles de especies. Literalmente, miles. Para hacernos una idea de la dimensión de estas redes de relaciones, consideremos que existen del orden de un millón y medio de especies catalogadas, de las cuales un tercio pertenece al reino vegetal. Se sabe también que muchas especies no han sido catalogadas y se descubren muchas nuevas, principalmente entre las plantas. Pero también se describen nuevas especies de animales. Sólo de la pulga común, que pica, hay más de 500 especies conocidas.

Hasta aquí hemos dado un vistazo panorámico a la biología, una de cuyas ramas más importantes desde hace más de cien años es la ecología. Puede apreciarse con lo dicho la complejidad de la naturaleza y podrá advertirse mejor cuál es la ubicación del hombre en medio del cuadro biológico.

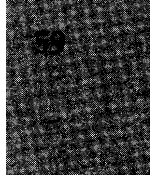
El hombre se ha adaptado extraordinariamente bien, quizá tan bien como lo hicieron los dinosaurios en su época, y ha tenido gran éxito. Primero como cazador, empleando armas artificiales, y después como «herbívoro», empleando su capacidad cultural para desarrollar métodos intensivos de cultivo agrícola. Todo esto lo ha logrado gracias al empleo de su ingenio, de artificios. Por eso digo, el medio natural del hombre es lo artificial. El homo sapiens, desde su aparición en la Tierra hace un millón de años, comienza a fabricar sus propios elementos, a construir su propio habitat, su propio medio ambiente. Su cueva está adornada con sus objetos, más tarde con sus pinturas, su arte y todos sus elementos culturales. Hoy, como en esta sala, con nuestro propio clima, nuestra iluminación, nuestros sonidos. Fuera de aquí, como primates gregarios, hemos desarrollado ciudades que algunos considerarían casi por esencia lo contrario de la naturaleza. Gracias a ellas, la vida se ha vuelto infinitamente más compleja. Se ha hecho posible el desarrollo económico, que sería difícil de imaginar en el grado que existe hoy si jamás se hubieran producido estas aglomeraciones hediondas, sucias y generalmente más feas que la naturaleza, que son las ciudades.

Como resultado de todo esto, la especie ha tenido un éxito enorme. Después de la caza y la agricultura, vinieron la industria y el aumento del bienestar que hicieron posible un aumento increíble de la población. En el siglo XVIII se reduce notablemente la mortalidad y comienza lo que se ha dado en llamar la explosión demográfica. Con una población de cinco mil millones es virtualmente imposible que esta especie no se topara con los problemas ambientales que han afectado a todas las especies que llegan a sobrepoblar algún ecosistema. Pero esta

vez, el ecosistema es el planeta entero. En el contexto de la historia natural que hemos examinado, posiblemente la vida en el planeta no corre peligro, pero sí puede correrlo y muy grave nuestra propia especie.

No es éste el único peligro de la especie. Hasta hace pocos años parecía que el más serio era otro: el peligro atómico. A éste también se le ha encontrado relación con nuestra profunda raíz biológica, que se clava en el tiempo por unos tres a cinco millones de años, en contraste con sólo diez mil de vida civilizada. Digo que existe esta relación no sólo porque se trate de armas artificiales, uno de los sellos distintivos de la especie, sino porque todos los cazadores tienen este problema. Son tan poderosos y fuertes que fácilmente se pueden matar unos a otros dentro de la misma especie. Junto a estas capacidades, los animales cazadores desarrollaron mecanismos inhibitorios para que eso no ocurra. Las disputas se han ritualizado y los gestos de humillación del derrotado son suficientes para apaciguar al ganador sin que siga peleando hasta destruir a su rival. Aunque las investigaciones de los últimos años han relativizado bastante esta afirmación, sigue siendo cierto que existen poderosos mecanismos inhibitorios en las peleas intraespecíficas, es decir, cuando pelean dos miembros de la misma especie. En el ser humano estos mecanismos, aunque imperfectos, existen. Nadie en su sano juicio puede estrangular con sus manos a otro ser humano, pues los gestos de desesperación del que está muriendo ahogado serán suficientes para inhibirlo. Pero no ocurre lo mismo cuando se emplean armas artificiales que permiten matar a distancia sin ver el daño que causan. Una bomba puede lanzarse apretando un botón sin que el que lo acciona vea a los niños quemados corriendo por las calles o a las mujeres tratando de escapar. Las armas artificiales podrían convertirse en una adaptación que a la larga nos provoque tantos problemas como a los dinosaurios su tamaño gigantesco.

Pero la inteligencia que nos permitió desarrollar estas armas también hace posible imaginarnos una situación, transmitirnos experiencias y desarrollar un sentido de responsabilidad. Todo ello puede permitirle al hombre sortear los obstáculos que enfrenta. No creo que haya pasado el peligro atómico, pero ya no está de moda hablar de eso. El mayor peligro que hoy advierte la humanidad —nadie puede asegurar que ése sea realmente el punto más débil, pero es el que se estima el más grave— es el de la catástrofe ecológica. La especie enfrenta una encrucijada nueva que constituye, al menos, un buen reto a sus



capacidades. La tarea es emplear nuestros instrumentos, en especial nuestra inteligencia y nuestro sentido de responsabilidad, para hacerle frente al desafío. Sabemos que tenemos que hacerlo sin recurrir a los mecanismos de pensamientos simples, reduccionistas y lineales que nos han servido hasta ahora. Y sabemos también que al hacerlo debemos respetar los grandes logros de la especie. La libertad personal, el sentido ético desarrollado en nuestra evolución cultural y el bienestar, que no sólo ha liberado a buena parte de la humanidad de las tareas de sobrevivencia que ocupaban todo nuestro quehacer en esos remotos tiempos que hemos examinado, sino que nos permite dedicarnos a las gratas tareas del espíritu, como desarrollar todas estas reflexiones.



¿Desarrollo sustentable o desarrollo de la sustentabilidad ecológica y social?

Alejandro Rojas

Alejandro Rojas es Doctor y Master en Sociología. Profesor de la Facultad de Estudios del Medio Ambiente, Universidad de York, Toronto, Canadá.

1. Introducción

Me cuento entre los millones de personas que participaron con toda su pasión y energía en una de las grandes olas utópicas de este siglo. Como tantos que llegaron a la vida adulta en la década de los sesenta, imaginé una sociedad igualitaria, cuyo principio organizador era la solidaridad humana. Podía, como los otros participantes en esa ola de esperanza, ofrecer muchos detalles acerca del paraíso que queríamos construir en la Tierra y que creíamos sería el ineluctable resultado de la evolución histórica de la humanidad. Esa utopía, como se sabe, ha fracasado, aunque aún conservamos la esperanza de un mundo mejor.

Hemos sostenido en otros trabajos que la propensión utópica es reflejo de la necesidad humana de esperanza. Sin embargo, cuando se me invita a explicar mi idea del mundo preferido, lo que me viene a la mente es algo simultáneamente mucho más simple y complejo, y, tal vez, más difícil de obtener que la utopía igualitaria: Quiero vivir en un mundo en el que mis hijos puedan beber agua limpia y bañarse en ríos, lagos y mares, respirar aire puro, estar al sol, comer frutas, vegetales y otros alimentos sin envenenarse. Que puedan caminar por un bosque y conocer playas donde la exuberancia de la vida continúe tocando sus sentidos. Quiero un mundo en que la lluvia sea lluvia y no vinagre, en que el sol sea sol y no infierno, y en el que los animales y plantas, de los que nos han hablado desde niños, continúen recordándonos que el misterio maravilloso de la vida no empieza ni termina en el ser humano. Y quiero, además, que esto pueda ser compartido por todos.

Por increíble que parezca, todo aquello ha llegado a ser una utopía. Las instituciones decisivas en que reside el poder (económico, político, social, de producción y difusión de conocimiento y las que concentran el poder punitivo) planteaban hasta ayer o anteayer que ninguna de las aspiraciones antes delineadas estaba amenazada, que estábamos exagerando, que éramos profetas del desastre, que podíamos seguir adelante confiadamente, que el progreso, el desarrollo, la ciencia y la tecnología se harían cargo de esos problemas. La situación ha cambiado dramáticamente en la última década; importantes reuniones internacionales se realizan en estos días para reconocer que los peligros son reales, que es verdad que finalmente el ser humano (no el lobo) lo está devorando todo y ha comenzado a devorarse a sí mismo (...algunos humanos más que otros, por cierto).

Para los que trabajamos en instituciones dedicadas a la investigación y docencia en estudios de medio ambiente, el desfile cotidiano que presenciamos de evidencia ecocida no nos permite sentirnos optimistas, aunque valoramos que finalmente haya preocupación mundial sobre el tema.

La crisis ecológica nos obliga, sin embargo, a interrogarnos, con profundo desasosiego, si es verdad aquello de que la humanidad transita por el camino del progreso, o más bien si es que en los últimos minutos de estos 100.000 años de existencia del *homo sapiens*, hemos entrado en una mutación cultural regresiva. No podemos descartar que nuestra especie, desarraigada finalmente de la sinfonía de la biosfera, haya perdido su dirección adaptativa, y haya entrado en un estado de locura colectiva que la conduzca al suicidio colectivo. No podemos evitar preguntarnos si es cierto que transitamos la ruta del «desarrollo» o si tal vez, el «desarrollo» está en la raíz misma del problema. ¿Son los países, instituciones y hombres «poderosos» verdaderamente expresiones de «poder»? ¿Quiénes son verdaderamente más poderosos, los que controlan, dominan y monopolizan los recursos del planeta (sociedades modernas industrializadas, y particularmente sus élites, constitutivas del núcleo principal del complejo industrial-militar-burocrático-corporativo) o las sociedades de cazadores y recolectores que durante el 99% de la historia de la humanidad vivieron (y las que sobreviven continúan viviendo) dentro de los límites y posibilidades que establece la integridad de la biosfera?

La acumulación de datos en diversas ramas de la ciencia ha aportado un caudal de evidencia empírica que ha convencido a la co-

munidad científica mundial, a dirigentes políticos, culturales y espirituales y a la opinión pública mundial de la gravedad de la situación. El tardío reconocimiento de estas tendencias ecocidas ha llevado también a que dentro y fuera de la comunidad científica se levanten preguntas serias acerca de la educación de los sistemas de sentido que han configurado el basamento cultural de la civilización industrial. Se abre paso lentamente la convicción de que la ciencia y las grandes corrientes espirituales y su expresión institucional se encuentran en un estado de crisis. La situación demanda una profunda humildad y un reconocimiento de que las señales de alarma vinieron hace más de veinte años (y en algunos casos se anticiparon en siglos) de voces marginales a la comunidad científica, de ecolósofos, artistas, de pueblos indígenas y líderes espirituales que la sociedad no estaba culturalmente preparada para oír y tomar en serio. La gran pregunta que dejaremos flotando, y no podremos sino abordar superficialmente, es qué sistemas cognitivos, qué concepciones del mundo, qué experiencias, qué ecología de la mente y el cuerpo (ecología del ser) llevaron a esa gente a percibir de un modo temprano y lúcido lo que otros, la mayoría, no podían percibir.

2. Antropocentrismo y biocentrismo

Partimos de la convicción de que no encontramos una salida profunda a lo que percibimos como crisis ecológica y de la civilización, si la humanidad no logra superar el principio cardinal organizador de la civilización industrial, de la modernidad y sus instituciones culturales, esto es, que el ser humano se ubica en el pináculo de la evolución de la naturaleza y que, por ende, debe subordinar a sus intereses la suerte de todos los seres vivos que configuran la biosfera, que ha terminado por ser reducida a una gran bodega de recursos. La aceptación de ese principio antropocéntrico continúa configurando la agenda de las principales reuniones internacionales en que se debate la crisis medioambientalista y actúa como freno que impide visualizar alternativas culturales, económicas, sociales y políticas verdaderamente novedosas. Estas enriquecerían el repertorio de respuestas posibles y mejorarían las posibilidades de la propia humanidad para imaginar la mutación cultural que se requiere para continuar asegurando la propia subsistencia de la especie humana, que es, en última ins-

tancia, la que se nos presenta como amenazada y, tal vez, inviable, si continuaran las tendencias que han llegado a trazar el camino de la sociedad humana. Hablamos de tendencias dominantes, pues éstas no han sido una constante, y existen testimonios de otras épocas y de otras culturas, algunas de las cuales aún sobreviven, que definieron de otra manera el lugar del ser humano en el orden cósmico.

Los principales debates de la filosofía occidental han ocurrido en torno a un eje que ubicaba en un extremo del espectro la libertad individual y en el otro la responsabilidad social. La presencia de una crisis ecológica ha irrumpido en el debate filosófico con una tensión de naturaleza diferente, ya que ha obligado a examinar lo que se daba por supuesto, esto es, la centralidad del ser humano en el orden cósmico. Este eje ubica en un extremo del espectro la posición antropocéntrica o humanista, y en la otra, la posición biocéntrica o ecocéntrica que reconoce en la naturaleza un valor intrínseco, y busca trascender las concepciones que reducen la biosfera a su dimensión de utilidad para el hombre. Algunos teóricos argumentan también en favor de un «humanismo ecológico» que buscaría la integración tensionada de esos extremos.

Nos interesa explorar brevemente las implicancias de una aproximación biocéntrica a la crisis ecológica e intentar deducir de ella algunos criterios relevantes para el debate acerca del desarrollo sustentable. Existen, al menos, cinco líneas argumentativas en contra del antropocentrismo y de afirmación de una aproximación bio o ecocéntrica.

- a) El antropocentrismo es una posición filosófica empíricamente falsa. Es un hecho claramente aceptado por todas las corrientes de la ciencia (anticipado en las principales radiaciones espirituales orientales y de muchos pueblos nativos) que el hombre no ocupa el centro del universo, y no es psicológica, social o culturalmente diferente en naturaleza (sólo en grado) de otros animales. El hombre no representa el pináculo o el punto final de la evolución. La evolución de la naturaleza es un proceso exuberante de ramificaciones boscosas y no un proceso lineal de progresivo desarrollo hacia la perfección. (La excepción aquí son los partidarios del principio cosmológico antrópico, que no podremos discutir en este contexto.)

- b) Las posiciones antropocéntricas han mostrado ser desastrosas en la práctica.
La evidencia empírica que nos lleva a hablar de crisis ecológica nos muestra de manera inequívoca que las culturas guiadas por concepciones antropocéntricas han sido las más devastadoras ecológicamente.
- c) La posición antropocéntrica carece de consistencia lógica.
No hay característica humana alguna, claramente discernible y moralmente relevante, que incluya a «todos» los seres humanos y excluya a «todos» los no humanos.
- d) Las actitudes antropocéntricas son moralmente objetables.
El argumento consiste en subrayar que incluso si «fuese posible» especificar algún tipo de característica claramente discernible y moralmente relevante que incluyera a todos los humanos y excluyera a todos los no humanos, los tipos de criterios que «deberían» ser aceptados como características que hacen a una entidad viva merecedora de consideración moral son tales que debieran incluir no sólo a los humanos sino también a otras entidades vivas.
- e) Las posiciones antropocéntricas no son congruentes con una actitud existencial verdaderamente abierta.
Por cierto mucha gente que sostiene mantener una actitud existencialmente abierta tiene o ha mantenido posiciones antropocéntricas (y para ellas habría que usar las cuatro líneas argumentativas anteriores). Como lo señala A. Watts, en una línea semejante de pensamiento con Whitehead Hartshorne de Santayana, Barret y otros, una apertura genuina a la naturaleza no humana nos conduce a ver

Todas las absurdamente abstractas y pomposas actitudes de los hombres...(como) maravillas naturales del mismo orden que los inmensos picos de los tucanes, las fabulosas colas de los pavos reales, los cuellos encumbrados como torres de las jirafas y los vividamente policromáticos traseros de los mandriles. Visto así,

como algo ni digno de ser condenado ni tampoco en su acostumbrado aspecto de seriedad, la autoasignada importancia del ser humano se disuelve en carcajadas.¹

3. La crisis ecológica y el debate sobre los estilos de desarrollo

El problema que nos interesa destacar no se refiere tan sólo a la necesidad de un uso más inteligente de recursos energéticos escasos que preocupó principalmente a muchos ecologistas en los años setenta y comienzo de los ochenta. No nos preocupa centralmente el eventual agotamiento de recursos energéticos «finitos», que podría resolverse tal vez vía tecnologías como la «superconductividad» obtenida gracias a nuevos materiales conductores que prometen espectaculares ahorros de energía, o más simplemente, recurriendo a las estrategias de «energía suave» cuya factibilidad ha sido muy bien argumentada. Por lo tanto, la preocupación principal dice relación con el fenómeno más amplio y complejo de la destrucción de los sistemas de apoyo a la vida.

Un punto de partida crucial para nosotros es la necesidad de introducir una distinción conceptual entre «fuerzas productivas» y «fuerzas destructivas». En nuestro concepto, fuerzas (incluidas las tecnologías) productivas son aquellas cuyo producto final puede ser devuelto a la biosfera sin riesgo para la capacidad reproductiva, la estabilidad y viabilidad de ecosistemas, o que contribuyen a la recuperación de esas propiedades en un ecosistema. Las fuerzas (y tecnologías) destructivas tienen como resultado final materiales de «alta entropía» que devueltos a la biosfera destruyen ecosistemas, provocan la extinción de especies vivas animales o vegetales, disminuyen la bio-diversidad atentando contra la vida, incluida la vida humana (por supuesto, la reproducción de la vida requiere de procesos naturales de descomposición y de grados bajos de entropía).

La ciencia económica convencional no discrimina entre ambas. Los dos tipos de actividad pueden ser considerados (convencionalmente) como «productivos» si contribuyen al crecimiento del Producto Nacional Bruto. Pero, como lo señalara E. J. Mishan, un aumento de la cantidad de gente muerta en las carreteras, un aumento de las muertes

¹ Citado en W. Fox, *Towards a transpersonal ecology*. Shambhala, New York, p. 18, 1990, traducción nuestra.

causadas por cáncer, o por enfermedades coronarias, cardiovasculares y nerviosas, posibilitan un aumento de la actividad económica de los médicos y del personal paramédico y contribuye al incremento del PNB. Un bosque destruido para producir cientos de toneladas de papel de periódico o para la producción de astillas es también un componente del PNB. El avance de áreas de concreto sobre campos de naturaleza prístina o áreas agrícolas cultivables también puede traducirse en incrementos del PNB.² Es sabido que el desastre del EXXON-Valdez contribuyó al crecimiento del PNB. Todo lo cual subraya el limitado valor analítico del PNB y su naturaleza diversionista.

La distinción que se propone permite mirar con otros ojos el problema del crecimiento económico, resistido también indiscriminadamente por el movimiento ecologista de los años setenta. En verdad, no hay motivos para descartar dogmáticamente ciertas formas de crecimiento económico que pueden reducir directamente el daño causado al medio ambiente, o indirectamente, como substitutos de prácticas más dañinas. Algunas actividades pueden tener un efecto restaurador o recuperador de ecosistemas. Otras pueden tener un impacto insignificante en el medio ambiente y un impacto social deseable. Todo esto insinúa de paso criterios para evaluar lo apropiado de una determinada opción tecnológica. La clave consiste en extender el estudio de los procesos económicos más allá de la producción, circulación y consumo e incluir el estudio de la contribución energética y de información efectuada por la biosfera y el examen de lo que ocurre con los materiales terminales del ciclo económico, siendo los biodegradables y los totalmente reciclables potencialmente productivos. Pero, por supuesto, en esta visión de las cosas, la medida principal de éxito económico no es la producción y consumo, sino la naturaleza, la calidad, complejidad (que no debe confundirse con complicación), y durabilidad del material acumulado y, desde luego, el estado de los seres vivos que se relacionan con el proceso productivo, incluyendo no sólo a los seres humanos. En este proceso productivo algunos componentes de la economía pueden expandirse y otros dejar de crecer y otros, incluso, contraerse, pero la actividad económica que se basa en la constante entrega de sustancias tóxicas al aire, el agua y la tierra, y la destrucción de la naturaleza prístina, es inaceptable. Surge, por cierto, de aquí, una moralidad

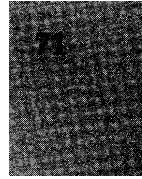
² E. J. Mishan, «GNP-measurement or mirage». *National Westminster Quarterly Review*, 1984

ecológica. Tales son los límites que sugiere el imperativo ecológico (o el poder veto de la biosfera).

Podemos considerar cada opción tecnológica como la condensación de una visión del mundo sobre las relaciones del ser humano con la naturaleza y como una respuesta a esfuerzos del ser humano por satisfacer necesidades o deseos, esfuerzos durante los cuales se constituyen los campos en los que opera el poder. Cada opción tecnológica refleja modos de ver, entender y dar significado a la realidad. Es decir, es una expresión del poder de explicar el mundo (poder de crear sentido) y representa formas específicas de valorizar y organizar la extracción, producción, circulación, consumo y de disposición de las «excretas» del proceso económico, que se inicia con la extracción de energía-materia e información de la naturaleza y que se hace circular en la sociedad humana para servir necesidades y deseos. Cada opción tecnológica refleja y reproduce ciertas formas de generar conocimiento y de producción de «verdad». En otras palabras, cada opción tecnológica es expresión de relaciones de poder, condensa en sí y tiende a generar ciertas relaciones de poder. De allí que las relaciones entre sociedad humana y naturaleza, mediadas por la tecnología, hayan sido teorizadas como relaciones de poder.

Como sugeríamos anteriormente, nuestro argumento es que la crisis ecológica nos obliga a repensar nuestras nociones acerca del poder, y, por lo tanto, nuestras ideas acerca de qué constituye la «buena» tecnología, o, en otras palabras, qué es lo que constituye una forma apropiada de adquirir los frutos que la naturaleza nos ofrece para posibilitar la vida humana. Sostenemos que la crisis ecológica indica que el poder social (y las tecnologías que produce) no puede continuar siendo entendido como un problema puramente intrahumano: la naturaleza interviene no sólo proporcionando los «recursos» sobre los cuales la sociedad humana se construye, sino que, además, proporciona todas las «otras» relaciones sobre las cuales se forma la identidad del ser humano y el significado de su vida. Esta energía e información fluyen a través de nuestro sistema nervioso, de nuestras mentes y corazones, los que la transforman en sentidos y significados que constituyen el «material» que forma la vida social. Así, la naturaleza es la fuente última del poder social.

La naturaleza, con todas sus criaturas, sus paisajes, olores, sonidos, colores y climas, interviene activa y permanentemente durante toda nuestra vida en las conversaciones entre los seres humanos, esta-



bleciendo las posibilidades y los límites y contribuyendo tan activamente como nuestras familias y escuelas en nuestra socialización. La voz de la naturaleza, que podemos oír o no, es un hilo inseparable del tejido de toda cultura. Esto es válido también para aquellos seres humanos que están tan envueltos en plástico, acero y cemento, que la sinfonía de la naturaleza ya casi no los alcanza. La carencia influye tanto como la presencia. El olvido de esta verdad elemental constituye el peor «pecado» cometido por las ciencias sociales. Reconocerla y asumirla obligará a su total reformulación.

Esta idea tan simple nos lleva a afirmar que el poder social no puede continuar siendo entendido sólo en términos de control y uso de recursos; solamente en términos de la capacidad de imponer nuestra propia voluntad sobre otros, a través del control de recursos materiales significativos, control de procesos decisionales, control del conocimiento y de su diseminación, control de procesos de socialización y control de los procesos disciplinarios y castigo. Pienso que tal noción del poder es la fuente de muchos de nuestros problemas ecológicos actuales.

En esa visión convencional del poder (y de las opciones tecnológicas, productivas y de consumo que genera), la sociedad, grupo o individuo que se las arregla para concentrar la mayor cantidad de energía-materia extraída de la naturaleza, aparece como el más exitoso y como el más fuerte. Pero si la sociedad contemporánea industrial es la expresión de esa fortaleza, la «exitosa adaptación» de la especie humana culminará con el reemplazo de la biosfera por un estacionamiento de autos: la vida ahí no será posible. O, más bien, tanta mala adaptación y mal desarrollo terminarán generando una biosfera poshumana, es decir, sin seres humanos.

Pienso que estos criterios nos ayudan a mirar con otros ojos el debate acerca del desarrollo. La discusión sobre los estilos de desarrollo se centró hasta hace poco en encontrar respuestas adecuadas a las preguntas «qué producir»; «para quién producir»; «cómo producir» y «quién posee o controla qué recursos productivos». Estas preguntas problematizaban la cuestión de la propiedad y el control de los recursos naturales y materiales, las opciones tecnológicas y energéticas más apropiadas para facilitar la más rápida acumulación de capital, los problemas de colocación adecuada de recursos (mercado versus plan) y los temas de justicia redistributiva. Como se ha sugerido ya abundantemente en la literatura sobre el «desarrollo sustentable» la cuestión del agotamiento de recursos

energéticos y los impactos destructivos sobre la biosfera no podían ser analizados con las herramientas de la teoría económica convencional. Nosotros no volveremos a revisar los debates sobre modelos y estilos de desarrollo previos al advenimiento de la noción de desarrollo sustentable. Nos interesa más bien problematizar esta noción misma. Nuestra estrategia consistirá en comentar brevemente a algunos de los autores que están contribuyendo a este debate y, luego, en presentar un comentario de algunas experiencias que en nuestra visión pueden ser entendidas como gérmenes de una nueva dirección.

Como todo el mundo sabe, el debate sobre la relación entre ecología y desarrollo tomó cuerpo en los años setenta con la serie de reuniones internacionales que plantearon el tema del «otro desarrollo» y ubicaron en el centro del debate la polémica en torno al informe presentado por el Club de Roma en 1972 y publicado bajo el título de «Los Límites del Crecimiento».³ Este texto accionó las señales de alarma sobre la degradación ecológica del planeta alertando acerca de las implicancias medioambientales del desarrollo económico a nivel mundial. El énfasis de ese documento se situaba en el contexto de la crisis petrolera, ponía el acento en la naturaleza finita de los recursos energéticos y en los problemas de la explosión demográfica. A pesar de que el documento fue fuertemente criticado desde los más variados ángulos, y de que muchas de las críticas fuesen muy bien fundadas, algunas de las tendencias que describió se han ido cumpliendo paso a paso. Como lo señala F. Mires, ya son tendencias realistas de que el año 2000 más de la mitad de las materias primas existentes estarán agotadas; que las provisiones de agua potable descenderán en un 35%; que de los bosques existentes no quedará ni la mitad; que seguirá aumentado la erosión en los suelos y la desertificación; que miles de especies dejarán de existir y que el mundo, en general, será más susceptible frente a las llamadas «catástrofes naturales».⁴ El impacto de este documento, proveniente del hecho de que sus autores pertenecen a sectores que estaban originalmente comprometidos con el modelo industrialista, sugiere que marcó el comienzo del quiebre del consenso en torno a la ideología del progreso. El documento confirió una aprobación científica y empresarial a las

³ D. A. Meadows *et. al.*, *The Limits of Growth*. Potomac Associates Book, New York, 1972.

⁴ F. Mires, *El discurso de la naturaleza*, Editorial DEI, San José, p. 16,1990.

predicciones que desde hacía muchos años venían haciendo científicos aislados o grupos ecológicos sin contacto político.

La respuesta latinoamericana fue básicamente de rechazo al informe y llegó a sostenerse (a derecha e izquierda) que el informe del Club de Roma era una verdadera maniobra de los países industrializados para atajar el desarrollo en el Tercer Mundo. Por ejemplo, una de las críticas más airadas provino de los autores del Modelo de Bariloche,⁵ quienes denunciaron el informe sobre «Los Límites del Crecimiento» como «catastrofista», y afirmaron, de un modo que hoy se nos presenta como ingenuo, que los problemas ecológicos del Tercer Mundo tienen un carácter socio-político y argumentaron simplemente que la solución a los problemas del desarrollo sólo podía venir de medidas estatales que mejoraran la distribución del ingreso, del poder y de las riquezas y rechazaron la idea de que había un agotamiento relativo de los recursos naturales. Es decir, el debate se confinó a los problemas de justicia redistributiva y eficiencia en el uso de recursos, pero no cuestionó las opciones tecnológicas y energéticas; no se hizo cargo de los impactos generales en la biosfera. No pudo comprender lo que para nosotros hoy aparece como problema principal, esto es, que el reconocimiento del imperativo ecológico (el poder de veto de la naturaleza) lleva a ver el dilema central de la civilización contemporánea como el agudo conflicto entre el desarrollo espectacular de las «fuerzas productivas» (en su sentido convencional), de una parte, y la concomitante destrucción de los sistemas de apoyo a la vida, incluida la vida humana, de la otra.

Visto con perspectiva histórica, el debate generado en torno al informe sobre «Los Límites del Crecimiento» muestra la tardanza con que la humanidad ha llegado a reconocer los grandes problemas de la crisis ecológica. Este fenómeno muestra la fuerza cultural de la doctrina del progreso y su derivado, la teoría del desarrollo. Es evidente que la hegemonía cultural de esa visión histórica compartida, desde los seguidores de Adam Smith hasta los herederos de Marx, actuó como un filtro que impidió oír otras voces que muy tempranamente habían alertado sobre las consecuencias devastadoras que tendrían los fundamentos culturales mismos de la modernidad industrialista. Así, por ejemplo, la crítica

⁵ Herrera *et al.* «¿Catástrofe o nueva sociedad? Modelo mundial latinoamericano», Fundación Bariloche. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo, 1971.

organicista formulada al modelo de la ciencia cartesiana y newtoniana en los años 20 por Whitehead (1926) y Hartshome (1931) y más tarde las de Lewis Mumford (1966) y Aldo Leopold (1970), autores centrales hoy día en el pensamiento ecológico, no pudieron ser oídas.

Como es sabido, en América Latina el debate sobre el desarrollo se concentró en la agenda de la teoría de la dependencia o en la crítica que provenía de los sectores más internacionalizados del capital y que tuvieron como foco la denuncia del modelo de industrialización por sustitución de importaciones. El colapso de la estrategia de ISI provocó la ruptura del consenso que más de 40 años atrás se había configurado entre los sectores industrialistas de América Latina, incluyendo a los sectores asalariados. La ruptura de ese consenso arrastró consigo, en Chile y otros países, a regímenes democráticos que cayeron junto con el quiebre. Desde los setenta en adelante, se ha abierto paso en América Latina otro consenso, el fundado en la estrategia de desarrollo abierta a las demandas del mercado mundial, acentuando la necesidad de competitividad, caída de medidas proteccionistas, ajustes monetarios y el reinado del mercado como agente colocador de recursos.

Hace más de diez años O. Sunkel (1980) caracterizaba lúcidamente los rasgos principales del estilo de desarrollo y examinaba sus rasgos atentatorios más visibles en contra del medio ambiente. Sunkel tipificó el estilo de desarrollo como basado en la gradual especialización del trabajo, en el cambio tecnológico acelerado y en el uso creciente de energía no humana, todo lo cual había permitido ya claros aumentos de la productividad. De esta manera los excedentes acumulados en forma de instrumentos de producción y conocimiento hacían posible la incorporación al cambio tecnológico y al uso creciente de energía. Esos desarrollos permitirían nuevos incrementos en la productividad del trabajo, posibilitando una nueva expansión de los excedentes, y así sucesivamente. Este proceso de especialización del trabajo, cambio tecnológico y creciente utilización de energía no sólo permitiría incrementos en la productividad del trabajo, sino también en producción, en concentración de la población y aumentos en los estándares de vida. Se deducía de allí que aunque las élites se habían beneficiado, su estilo de consumo, imitativo de las formas de vida de los países capitalistas más «desarrollados», provocaría una explosión de aspiraciones y demandas entre los sectores de capas medias y obreros, a pesar de que la satisfacción de sus

demandas se hacía imposible dentro de las limitaciones estructurales de los países latinoamericanos. De allí que las posibilidades de conseguir un consenso en torno a formas de desarrollo más independientes fueran bloqueadas.⁶

El estilo de desarrollo intentado en América Latina, indicó Sunkel, había llevado a cabo un tipo de explotación de la tierra basado en el uso intensivo de capital, tecnología importada y energía fósil. La parcial modernización del campo en América Latina trajo consigo masivos desplazamientos de trabajadores rurales hacia las ciudades. Consecuentemente, se formó una enorme masa de gente que, imposibilitada de encontrar trabajo en los grandes centros urbanos, terminó concentrándose en cinturones de miseria, donde los problemas ecológicos se expresaron con enorme fuerza. La contaminación de las aguas, sobreconcentración de gente en viviendas insuficientes y problemas de salud masivos convencieron pronto a los más escépticos de que la problemática ecológica no era un exotismo de países «desarrollados». Sunkel concluía que el crecimiento de la agricultura de América Latina había tenido lugar a un enorme costo: la transformación y deterioro de cada ecosistema tocado por la modernización. Desde los años setenta la expansión de la frontera agraria había comenzado a alcanzar sus límites. Hasta los años setenta el 75% del crecimiento agrícola se basó en una expansión que había permitido el uso de la fertilidad natural y, en muchos casos, la producción acumulada de ecosistemas que no habían sido intervenidos.⁷ Las últimas dos décadas han permitido observar el agotamiento de las tierras de frontera de mejor calidad y la creciente artificialización de ecosistemas característicos de este estilo de desarrollo.

El desarrollo industrial ha tenido lugar principalmente en los sectores petroquímico, automovilístico, acero, electrónico y de bienes de consumo «durables». Mientras tanto, sectores tradicionales como el textil, ropa y calzado fueron quedando atrás, a pesar de que proveían para satisfacer las principales necesidades de la población. Ha habido una expansión de las empresas ligadas al sector transnacional, despla-

⁶ O. Sunkel y N. Gligo, *Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina*, Vol. 1. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, 1980.

⁷ *Ibidem*.

zándose muchas empresas locales de tamaño intermedio, fortaleciéndose tendencias monopolistas y oligopólicas, intensificándose la importación de modelos culturales, hábitos de consumo y estilos de vida característicos de los países más industrializados. El impacto ambiental de este estilo de desarrollo ha sido devastador. En el caso de Chile, sus efectos han sido estudiados detalladamente y han constituido la principal preocupación de los cuatro Encuentros Científicos por el Medio Ambiente organizados hasta ahora por CIPMA (1983,1986,1989,1992).⁸

4. Desarrollo sustentable

La idea del desarrollo sustentable ha venido, particularmente después del Informe Brundlandt, a configurar el espacio de los nuevos debates acerca de las relaciones entre desarrollo y medio ambiente. Tal vez es el carácter difuso de esta noción lo que explica su popularidad instantánea. No estoy en condiciones de ofrecer aquí un listado de los significados que la noción ha adquirido, pero realmente lo menos que se puede decir es que ha admitido muy numerosas lecturas y muy variadas articulaciones discursivas. En la versión de la Comisión Mundial para el Desarrollo y el Medio Ambiente (la «Comisión Brundlandt») el desarrollo sustentable es la síntesis de tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental. Hojeando, por ejemplo, una excelente publicación chilena dedicada a las cuestiones de medio ambiente, *Ambiente y Desarrollo*, es posible detectar de inmediato esta pluralidad de sentidos del concepto de desarrollo sustentable. En su lectura del concepto, G. Geisse, presidente de CIPMA alerta: «Con el desarrollo sustentable no se trata de hacer el crecimiento económico lo más compatible posible con la conservación. Para esta propuesta teórica los procesos conducentes a ambos objetivos constituyen una unidad indivisible».⁹

⁸ Para un análisis del movimiento científico por el medio ambiente en Chile, véase Rojas «The environmental movement and the environmentally concerned scientific community in Chile». In SLAER, D. (ed.) *Social Movements and Social Power in Latin America* (próximamente). Amsterdam, 1992.

⁹ G. Geisse: «El desarrollo sustentable: elementos de un nuevo paradigma». *Ambiente y Desarrollo*, Vol. IV. N° 3, diciembre 1988.

Norgaard, por su parte, no se preocupa tanto de las definiciones conceptuales mismas como de las consecuencias prácticas de lo que él caracteriza como la «concepción restringida» y la «concepción amplia» del desarrollo sustentable: «el desarrollo sustentable implica cambiar el uso de recursos en existencia por aquellos que fluyen, especialmente desde el uso de la energía de hidrocarburos hacia energía solar».¹⁰ Para este autor, el reemplazo de la idea del progreso por la noción de sustentabilidad contiene un enorme potencial de cambio:

«La sustentabilidad no implica que todo permanezca igual. Implica que el nivel total de diversidad y la productividad total de componentes y relaciones en los sistemas se mantengan o intensifiquen. Significa que los rasgos existentes se mantienen deliberadamente como opciones hasta que otros nuevos demuestren ser superiores».¹¹

Por su parte, R. J. A. Goodland, intelectual ligado al Banco Mundial, define el desarrollo sustentable como «un patrón de transformaciones económicas, sociales, estructurales (desarrollo) que optimizan la economía y otros beneficios sociales disponibles en el presente, sin arriesgar el potencial prometedor de beneficios similares en el futuro». La sustentabilidad implica para este autor «un proceso de transición alejado del crecimiento económico basado en el agotamiento de las reservas de recursos no renovables... que se base en recursos renovables a largo plazo».¹²

La noción de desarrollo sustentable fue recibida internacionalmente por el movimiento medioambientalista, incluidas sus vertientes más radicales, como un paso adelante, pero ha sido criticada sobre la base de que verdaderamente no pone en cuestionamiento las implicancias ecológicas de las transnacionalización de procesos productivos dirigidos por el complejo militar-industrial-corporativo. Am-

¹⁰ R. Norgaard: «Los desafíos de la política del desarrollo sustentable» *Ambiente y Desarrollo*, Vol. IV, N° 3, diciembre 1988.

¹¹ *Ibidem*.

¹² R. Goodland: «Sustentabilidad ambiental en el desarrollo económico. Algunas referencias a la Amazonia». *Ambiente y Desarrollo*, Vol. IV, N° 3, diciembre 1988; L. Brown *et al.* *State of the World*. Norton & Company. Nueva York.1987.

plios sectores del movimiento medioambientalista continúan pensando que un llamado a la sabiduría ecológica dirigido al mundo empresarial no resuelve lo que perciben como una profunda contradicción entre la noción misma de desarrollo (que resultaría ahora de masivas inversiones en *green business*) y el principio de sustentabilidad ecológica, que aparece como muy disputado y pobremente formulado teóricamente.

Sin entrar aquí en ese debate (que obviamente es de enorme importancia) nos interesa examinar algunas de las proposiciones que problematizan la parte «crecimiento» en la noción de desarrollo sustentable, para luego, presentando algunas experiencias prácticas, reflexionar sobre la noción de sustentabilidad. Adelantando nuestra postura, podemos decir que estamos más interesados en el «desarrollo de la sustentabilidad», que en el «desarrollo sustentable»

5. Crecimiento; desarrollo y sustentabilidad

Uno de los autores que probablemente harán historia en la formulación de una nueva teoría económica que se haga cargo de la crisis ecológica es Hermán Daly, muy conocido ya por su formulación de su teoría de *steady state economics*.¹³ En un reciente breve artículo, Daly asume la tarea de demostrar la imposibilidad de que la economía mundial crezca para superar la pobreza y la degradación ambiental, o en otras palabras, la imposibilidad de un crecimiento sustentable.¹⁴

El argumento de Daly es que, en sus dimensiones físicas, la economía es una subsistencia del ecosistema de la Tierra que es finito, que no crece y que es materialmente cerrado. En la medida que el subsistema crece, incorpora en sí mismo un segmento creciente del ecosistema total y debe alcanzar un límite que tiene un máximo de un 100%. Por lo tanto, señala Daly, su crecimiento no es sustentable. El término «crecimiento sustentable» cuando se aplica a la economía es autocontradictorio y no evocativo. Según Daly, los economistas pueden protestar que el crecimiento medido en Producto Nacional Bruto es una mezcla de aumentos cualita-

¹³ H. Daly, «The Economics of the Steady State». *American Economic Review*, 1974.

¹⁴ H. Daly, «Sustainable Growth: A Bad Oxymoron». *Grassroots Development*, Vol 15, N° 3, 1991.

tivos y cuantitativos y, por lo tanto, no está sujeto estrictamente a leyes físicas. Pero precisamente porque el cambio cuantitativo y el cualitativo son muy diferentes, es mejor mantenerlos separados y denominarlos también de un modo diferente. «Crecer» —puntualiza el autor— «significa aumentar naturalmente en tamaño por medio de la adición de material asimilado o incrementado». En cambio, «desarrollar» significa expandir o realizar las potencialidades de algo; alcanzar gradualmente un estado más alto o mejor. Cuando algo crece, deviene en algo más grande. Cuando algo se desarrolla, deviene en algo diferente. El ecosistema terrestre se desarrolla (evoluciona), pero no crece. Su subsistema, la economía, debe eventualmente parar de crecer, pero puede continuar desarrollándose. El término «desarrollo sustentable», por lo tanto, tiene sentido para la economía, pero sólo si se lo entiende como 'desarrollo sin crecimiento'; esto es, mejoramiento cualitativo en una base físico-económica que es mantenida en un estado de equilibrio (*steady state*) por medio de la incorporación de materia-energía que está dentro de la capacidad regenerativa y asimilativa del ecosistema».¹⁵

Actualmente, señala Daly, el término «desarrollo sustentable» es utilizado como sinónimo de «crecimiento sustentable» y debe ser rescatado de esa inconfortable posición. Políticamente es muy difícil admitir que el crecimiento, con sus connotaciones casi religiosas que prometen el bien último, debe ser limitado. Pero es precisamente la no sustentabilidad del crecimiento lo que confiere urgencia al concepto de desarrollo sustentable. Agrega Daly que la Tierra no tolerará la multiplicación ni siquiera de un grano de trigo, por 64 veces; sin embargo, en los últimos dos siglos hemos desarrollado una cultura que depende del crecimiento exponencial para asegurar su estabilidad económica. El desarrollo sustentable, señala Daly, es una adaptación cultural llevada a cabo por la sociedad cuando se hace consciente de la necesidad de no más crecimiento, incluso el «crecimiento verde» sustentable. Hay un límite, dice Daly, para la población de árboles que la Tierra puede sostener, del mismo modo que hay un límite para la población de humanos y de automóviles. «Engañarnos con la creencia de que el crecimiento es todavía posible y deseable—si lo llamamos «sustentable» o «verde»—sólo demorará la inevitable transición y la hará aún más dolorosa».¹⁶

¹⁵ H. Daly, 1991, *op. cit.*, p. 39, traducción del autor.

¹⁶ *Ibidem.*

La riqueza de este texto y del raciocinio que le acompaña son muy grandes y sus consecuencias prácticas, muy profundas. Tal vez porque conocemos la obra general de este autor y particularmente su último libro,¹⁷ escrito en colaboración con el teólogo J. Cobb, podemos sintonizar inmediatamente con la médula de su argumento presentado anteriormente, el que no es sólo metafórico: en rigor, lo que Daly nos dice es que la multiplicación exponencial de cualquier especie inducida por procesos económicos (aun aquellos basados en formas de energía «suave») provoca alteraciones muy serias que afectan la integridad, adaptabilidad, resistencia, estabilidad y capacidad evolutiva de comunidades biológicas enteras, atentándose en última instancia en contra de la capacidad de la biosfera para sostener la vida. El argumento de Daly es de teoría económica construido desde la cibernética y la termodinámica, en la línea de las elaboraciones de Norbert Wiener, Gregory Bateson (en cibernética) y Nicolás Georgescu-Roegen en su teoría económica basada en la termodinámica. Hay, sin embargo, mucho más en la obra de Daly y Cobb que comentamos. El libro desarrolla una detallada argumentación que demuestra cómo el crecimiento del PNB no es un indicador de verdadero bienestar económico, y propone su índice de Bienestar Económico Sustentable (*Index of Sustainable Economic Welfare*). Después de examinar cuidadosamente el papel colocador de recursos del mercado (y defender esa postura), Daly y Cobb se dan la tarea de demostrar los motivos por los cuales el mercado es ciego y sordo a las demandas de integridad de la biosfera y de la justicia distributiva. Argumentando en favor de una serie de combinaciones muy pragmáticas de los roles del mercado y del Estado, los autores despliegan a fondo su concepción de la necesidad de pasar del «individualismo» a «la persona en comunidad» y del «cosmopolitismo» a «la comunidad de comunidades».

Pienso que en medio del océano de publicaciones acerca del desarrollo y el medio ambiente, este libro, posiblemente, hará historia. Confieso desde la partida que no comparto todas las aseveraciones de Daly y Cobb. Sin embargo, lo que hace su trabajo tan importante es que ha ofrecido una crítica de la ciencia económica y de las teorías que emanan del paradigma del desarrollo, que se propone explícitamente demoler muchas de las fundaciones conceptuales de la ciencia econó-

¹⁷ H. Daly y J. B. Cobb jr: *For the common good*. Beacon Press, Boston, 1989.



mica, pero con el gran mérito de proponer una teoría económica de reemplazo. Varios aspectos de esta obra me llevan a considerarla como especialmente importante. En primer lugar, se trata de una crítica y una elaboración que se hacen explícitamente desde una posición de crítica al antropocentrismo y de afirmación de las implicancias teóricas que una postura biocéntrica reclamaría de la ciencia económica. Segundo, el trabajo integra, sin vacilación, la necesidad de hacer explícitas las opciones éticas de los autores, demoliendo uno a uno los mitos objetivistas de la economía. Tercero, es una obra que desarrolla a fondo los desafíos teóricos que plantea a las ciencias, en general, y a las ciencias sociales, en particular, la filosofía organicista de Alfred North Whitehead (*process philosophy*), que sometiera ya en los años 20 a una devastadora crítica, los pilares fundamentales del proyecto cultural de la ciencia Cartesiana-Newtoniana. Whitehead, brillante científico, matemático y filósofo de la ciencia, será, sin duda, una de las más grandes figuras de nuestro siglo, y uno de los constructores pioneros del proyecto científico posmodernista.¹⁸ Cuarto, Daly y Cobb han enfilado sus dardos más finos contra la concepción que reduce al ser humano de todas las épocas y todas las culturas, a la condición de *homo economicus*. Finalmente, es importante tener en cuenta que Daly elabora su crítica trabajando ni más ni menos que desde el interior del Banco Mundial, donde actúa como uno de los economistas del Departamento de Medio Ambiente de la institución. Es decir, su elaboración puede tener una resonancia que muy difícilmente podrían lograr en los círculos oficiales otros autores que han trabajado en esta dirección o los del amplio movimiento intelectual de crítica al paradigma del desarrollo (M. Max-Neef, V. Shiva, G. Esteva, S. Illich, F. Schumacher, M. Redclift, J. Galtung, J. Attali, M. Wolfe, H. W. Arndt, entre otros).

En el planteamiento de Daly (elaborado a fondo en su obra conjunta con J. Cobb) está implícito el tema que a nosotros nos preocupa principalmente, esto es, la necesidad de desarrollar la formulación teórica de la noción de sustentabilidad y, más importante aún, el desarrollo en la práctica de las condiciones que hagan posible la sustentabilidad, que en nuestra visión es sustentabilidad ecológica y social.

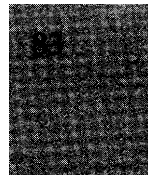
Si se acepta la noción que antes proponíamos de «fuerzas

¹⁸ Para un examen detallado de su contribución véanse R. Griffin (ed.), *The Reenchantment of Science*. SUNY Press, New York 1989 y D. Worster, *Nature's Economy. A History of Ecological Ideas*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

productivas», el problema que surge es el de la dificultad para operacionalizar y cuantificar los límites de tolerancia de un ecosistema, sin olvidar que, en última instancia, hay tan sólo un ecosistema: la biosfera (podríamos extender esta idea diciendo que en verdad hay tan sólo un ecosistema: el universo; pero esta noción no podemos desarrollarla aquí sin ingresar en el terreno de la metafísica y la espiritualidad que, por cierto, están más allá de los límites posibles de este trabajo). Que grupos de expertos se pongan de acuerdo en convenciones acerca de los límites de tolerancia de un ecosistema determinado no resuelve nuestro problema: las convenciones no son más que construcciones analíticas de la realidad sujetas a fuerzas culturales dadas. Tenemos la sospecha de que este problema no admite sino soluciones cualitativas y locales, aunque las convenciones cuantitativas obviamente ayudan a la formación de consensos más globales para la acción.

Hay un aspecto sobre el que sí podemos tener claridad: la sustentabilidad ecológica no resultará tan sólo de la transformación de la base energética y tecnológica de los procesos productivos. Por supuesto, la sustitución de fuentes de energía fósil y nuclear por formas de energía suave es una condición necesaria para la sustentabilidad, pero no suficiente.

Procesos de cultivo pesquero (como el monocultivo del salmón en Chiloé) o agrícola basados en monocultivos (aun con fertilizantes y pesticidas orgánicos), aunque se hagan con energía suave, pueden tener efectos devastadores de ecosistemas, atentando contra su sustentabilidad. Nos parece que la clave aquí es la protección de la biodiversidad, incluyendo el cuidado de los equilibrios demográficos en un determinado nicho ecológico, o, mejor en una determinada biorregión. Hablamos de biodiversidad *in situ* y no *in vitro*: no se trata de la preservación de germoplasma en el laboratorio científico, sino de preservación de la diversidad biológica en un ecosistema determinado, preservación (y restauración) que debe incluir ante todo las especies nativas de cada región. Preocuparse por el desarrollo de la sustentabilidad ecológica y social significa preguntarse cómo sería una economía (en verdad, una sociedad) cuyos principios organizadores dejaran de ser el individualismo posesivo y la dominación, y pasaran a ser la protección de la biodiversidad (que incluye la diversidad cultural), la restauración ecológica y la solidaridad, incluida la solidaridad con las otras especies de seres vivos. Que las fuerzas y dinámicas que configuran el mercado y el Estado no pueden acometer esta tarea es obvio, creo, para todos



nosotros. La clave, me parece a mí, está en las comunidades que habitan una determinada biorregión y en el logro de un pacto entre la fuerzas del Estado y las del mercado (es decir, un consenso en la sociedad civil) para la construcción de una economía pluralista. Pienso que las elaboraciones de L. Razeto aquí en Chile sobre la economía de solidaridad y el mercado democrático, que abogan por una economía pluralista basada en una relación balanceada entre el «sector de intercambio», el «sector regulado» y el «sector de solidaridad»,¹⁹ podrían extenderse al sector «verde» o ecológico de la economía, buscando su gradual expansión.

¿Hay experiencias en el mundo que apunten hacia la sustentabilidad ecológica y social? Sí, y muchas, prácticamente en todos los rincones del planeta. Examinamos a continuación algunas de ellas.

6, La convergencia de la antropología y la ecología en la agroecología

Uno de los efectos más insidiosos del paradigma del desarrollo y el progreso ha sido el desprecio etnocéntrico por el conocimiento tradicional que los pueblos indígenas, campesinos y pastores, pescadores y cazadores-recolectores tienen del medio ambiente natural, de las posibilidades y límites de los ecosistemas en que viven y de los efectos de sus prácticas productivas. Sin embargo, como parte de los efectos de la crisis ecológica, un estimulante proceso de convergencia entre la antropología y la ecología está teniendo lugar; este proceso está generando un completo viraje en la apreciación que se tenía hasta hace poco de las relaciones con el medio ambiente natural que resultan de la guía proporcionada por el conocimiento tradicional. Un ejemplo de este proceso son los desarrollos que están aconteciendo en el campo de la agroecología, un territorio científico que resulta de la integración de estudios agronómicos, la ecología, los estudios etnográficos que informan acerca del conocimiento tradicional y la crítica del paradigma del desarrollo industrialista.

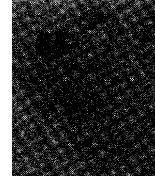
Son varios los agroecologistas (Altieri, 1987,1991; Gliessman *et al.* 1981; Chambers, 1983; Conway, 1985) que han documentado cómo

¹⁹ L. Razeto, «Economía de solidaridad y mercado democrático». PET/AHC. Santiago, 1989:

los sistemas de la agricultura moderna son el producto de una evolución estructural que ha desplazado interacciones ecológicas estabilizadoras, imponiendo en su lugar formas productivas que requieren intensos aportes energéticos externos. Muchas de las interacciones ecológicas más significativas y características de los ecosistemas naturales ya no existen en prácticas de monocultivo altamente alterados, impidiendo el desarrollo de sistemas productivos alternativos basados en principios ecológicos. En un sentido opuesto, M. A. Altieri, destacado ecólogo chileno de la Universidad de California, Berkeley, ha documentado cómo los sistemas de la agricultura tradicional han emergido a través de siglos de evolución biológica y cultural y representan experiencias acumuladas de interacción entre el medio ambiente y los agricultores, sin acceso a aportes externos, capital o conocimiento científico. Sin embargo, esas experiencias han resultado en muchas áreas del mundo, en el establecimiento de agroecosistemas sustentables. Son varios los aspectos de estos sistemas de conocimiento tradicional que presentan gran significado para los agroecologistas.²⁰ Altieri destaca los siguientes:

- a) El refinado y detallado conocimiento del medio ambiente físico.
Este ha permitido la creación local de los más sofisticados sistemas de taxonomías biológicas, a menudo más complejos que los desarrollados por expertos científicos. La evidencia sugiere que el conocimiento más refinado evoluciona en comunidades situadas en medio ambientes físicos y biológicos de la mayor diversidad y en comunidades que practican la agricultura de subsistencia. Esa es la gente que puede identificar una gran variedad de suelos (de acuerdo a su textura, color, olor, la vegetación que los cubre, los orígenes, el contenido orgánico e incluso el gusto). El conocimiento de plantas, animales, insectos y pájaros es incluso más impresionante, y permite a sus practicantes conocer su valor nutritivo, sus propiedades medicinales y su significación ceremonial. Por ejemplo, el conocimiento etnobotánico

²⁰ M.A. Altieri: «¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?» *Agroecología y Desarrollo*, N° 1, marzo, 1991



de los campesinos mayas de Tzeltal y Yucatán y el de los purpechas en México es tan sofisticado que les permite reconocer más de 1.200, 900 y 500 especies de plantas respectivamente.²¹ Los nativos en Botswana lograron identificar 206 de las 211 plantas que coleccionaron los investigadores científicos, y los agricultores hanunoo de Filipinas lograron identificar más de 1.600 especies de plantas.²²

- b) El conocimiento de prácticas productivas sustentables. La profunda comprensión de los elementos de su ambiente y de las interacciones de la vegetación, animales e insectos ha permitido a los campesinos asignar a cada unidad de terreno una determinada práctica productiva, lo que conduce a una gran diversidad de productos. Mientras más estudian los investigadores agroecológicos las prácticas agrícolas de campesinos que eran anteriormente consideradas como primitivas o erradas, más comienzan a reconocer esas prácticas como sofisticadas y apropiadas. Confrontando serios problemas medioambientales como terrenos en declive, inundaciones, sequías, plagas y baja fertilidad, muchos pequeños agricultores tradicionales de diversas áreas en el mundo han desarrollado sistemas originales de manejo de recursos. Estos satisfacen los requerimientos de sus sistemas productivos concentrando variados procesos y principios:²³
- i) La preservación de la diversidad y la continuidad espacial y temporal.
 - ii) Uso óptimo de recursos y espacio.
 - iii) Reciclaje de nutrientes.
 - iv) Conservación y manejo apropiado de las aguas.
 - v) Control de la sucesión y provisión de protección de cultivos.

²¹ Chambers, 1983, citado en Altieri, 1991.

²² Conklín, 1979, citado en Altieri, 1991.

²³ Knigth, 1980, citado en Altieri, 1991.

- c) La naturaleza experimental del conocimiento tradicional. Los agroecosistemas dentro de los cuales los campesinos agricultores tradicionales llevan a cabo sus prácticas productivas (cultivos de arroz en el sudeste asiático; los agroecosistemas andinos basados en la papa, los chinampas mexicanos; los sistemas de cultivo itinerantes en África y una gran variedad de agroecosistemas tropicales húmedos) combinan un gran número de especies y poseen una gran diversidad estructural temporal y espacial, de acuerdo a la organización vertical u horizontal de los cultivos. Altieri señala que a pesar de que estos sistemas han evolucionado durante épocas diferentes y en variadas regiones geográficas comparten una serie de características estructurales y funcionales:²⁴
- Explotan la heterogeneidad microambiental dentro de un campo o región, resultante de las gradientes de humedad, suelos, temperatura, altitud, pendiente, fertilidad, etc.
 - Mantienen cerrados los ciclos de materiales y desperdicios mediante el uso de prácticas efectivas de reciclaje.
 - Dependen de una compleja interdependencia biológica que provee de estabilidad al sistema contra plagas y otras limitantes biológicas.
 - Dependen de recursos locales, de energía humana y animal, por lo que utilizan niveles bajos de tecnología.
 - Dependen de variedades locales de cultivos e incorporan el uso de plantas y animales silvestres. La producción suele ser para consumo local. El nivel de ingreso es bajo, por lo que la influencia de factores no económicos es importante en la toma de decisiones.

Altieri concluye que un amplio consenso se va abriendo paso entre los agroecologistas que tienden a estar de acuerdo en que el estudio de los agroecosistemas tradicionales puede ofrecer

²⁴ M. A. Altieri: «¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?», *op. cit.*, p.22.



principios agroecológicos de enorme valor. Estos principios son urgentemente necesarios para el desarrollo de agroecosistemas, tanto en los países industrializados como en el «Tercer Mundo». Más aún, en el contexto del creciente colapso de la sustentabilidad de largo plazo de la agricultura moderna (basada en uso intensivo de capital, «energía dura», artificialización y simplificación), bajo la presión de la explosión demográfica, escasos recursos, empobrecimiento y daño al medio ambiente, los agroecologistas consideran que los países industrializados tienen más que aprender y probablemente se beneficiarán más del estudio de sistemas de agricultura tradicional que los países del Tercer Mundo, donde este conocimiento está aún vivo.

Las conclusiones de Altieri y de otros agroecologistas refuerzan mis observaciones de una serie de experiencias llevadas a cabo por varias organizaciones no gubernamentales chilenas interesadas en el desarrollo local alternativo, en la educación popular y el rescate del conocimiento tradicional (principalmente el Centro de Educación Popular «El Canelo de Nos» y la Red de Centros de Desarrollo Local en Chile).²⁵ Los principios sistematizados por Altieri se corresponden también con la información que hemos recolectado acerca de las experiencias del movimiento biorregionalista en Norteamérica.

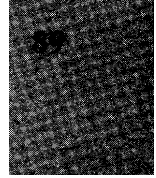
7. Sustentabilidad ecológica y social en los Andes: La metáfora de la montaña

El antropólogo Bastien (1987) ha trabajado sistemáticamente en la relación que en las comunidades campesinas de los Andes se establece entre su visión del mundo, sus ceremonias, la percepción de su medio ambiente natural y sus prácticas productivas y de consumo. Su trabajo etnográfico constituye una detallada descripción de lo que podríamos llamar la ecología del ser andino (o la ecología de la mente y el cuerpo en pueblos andinos). Un rasgo distintivo, dice este autor, de la cultura de los Andes en la

²⁵ A. Rojas, *et al* «Political Ecological and Comparativa Implications of the Economy of Solidarity in Chile», *op. cit.*

aplicación de una metáfora que unifica la tierra y la sociedad. Los pueblos altiplánicos piensan en su territorio y en sus comunidades de acuerdo a paradigmas anatómicos de animales y seres humanos. Las metáforas eran, y aún son, principios unificadores entre distintos niveles ecológicos y grupos en los Andes. La metáfora de la montaña-cuerpo de las comunidades Qollahuayas de tres niveles distintos del monte Kaata en Bolivia, continúa uniendo a andinos de diferentes orígenes y zonas relativamente distantes en un solo ayllu. La gente de Apacheta, Kaata y Ninokorin, las comunidades de esos tres niveles de la montaña, viven relativamente lejos, hablan idiomas diferentes y extraen recursos característicos de sus respectivos niveles —alto, medio y bajo— del monte Kaata. Estas personas dicen que están unidas porque sus comunidades corresponden a partes de esta montaña-cuerpo. Apacheta es la cabeza, donde los pastizales y la lana simbolizan el pelo y los lagos los ojos del monte. Kaata, rodeada de campos de cultivo rotatorios es el tronco del cuerpo. Los ríos son caudales que brotan de los pechos de la montaña. Aquí la papas y la oca, cultivos de variedad local, se asocian con las vísceras y el corazón de este cuerpo metafórico. Los adivinos circulan sangre y grasas hacia las otras partes de la montaña-ser humano, que es regada con sangre de llama y nutrida con huesos, carne, chicha y vegetales. Las tierras bajas de Ninokorin son las piernas y las uñas de los pies, en las que el maíz, vegetales y huertos frutales abundan en delgadas franjas a lo largo de los ríos.

La metáfora de la montaña-cuerpo vivo aparece, según ha comprobado Bastien, en los records históricos, en las tradiciones orales, en los nombres de distintos lugares, en la estructura social, en los santuarios de la tierra («animitas») y en los rituales. La metáfora de la montaña ha permitido a estas comunidades mantener su unidad cultural a pesar de la influencia divisiva de fuerzas políticas externas y las presiones del «desarrollo» (rutas que conectan la región con la capital, divisiones territoriales impuestas por el Estado, formación de haciendas, reformas agrarias que declararon la autonomía de cada una de estas comunidades respecto de las otras, etc.) y la modernización. Afortunadamente, estas fuerzas económicas y políticas no han destruido el Ayllu Kaata, gracias a que los adivinos de Kaata han logrado perpetuar la solidaridad cultural por medio de la constante recreación y reproducción de la metáfora de la montaña-cuerpo. La preocupación excesiva de muchos dentistas sociales por los factores económicos y políticos en los



Andes les ha alejado de la comprensión de las tendencias simbólicas subyacentes, que no son dependientes de influencias externas para su existencia continuada (como en el caso de la economía y la política del estado-nación y el «nuevo orden mundial»). El Ayllu andino está configurado no sólo por relaciones sociales (Ínter-humanas) sino que también por sistemas simbólicos como esta metáfora que constituyen una ecología del ser (del cuerpo y la mente) muy distinta de la que tipifica a los habitantes urbanos. La tierra, que es un ser vivo, y el universo entero, que es percibido como ser vivo, sensible e inteligente (no sólo masa, energía y recursos) habla a la gente cuyos aparatos cognitivos han sido entrenados a través de su vida, para oír esta conversación y para recibir sus secretos.

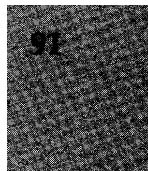
Esta metáfora es una comparación analógica entre los andinos y su medio ambiente natural, cuyo resultado es la creación de una identidad del ser extendida a la comunidad y a la montaña y que entiende el cuerpo propio en términos de la montaña y la montaña, en términos del cuerpo propio. La enfermedad, por ejemplo, es una desintegración del cuerpo humano semejante a un derrumbe en la montaña, y la salud es restaurada alimentando y cuidando al cuerpo enfermo y simultáneamente, a la montaña. Las tres comunidades son análogas a las partes principales del cuerpo, y, a su vez, corresponden a los tres niveles ecológicos de diferentes alturas, integradas por relaciones de interdependencia.

Las comunidades del monte Kaata también reflejan la montaña en su estructura social. Los matrimonios son siempre entre esposos de distintos niveles. Las mujeres cruzan a otro nivel para vivir con sus maridos en la tierra de ellos, pero las hijas vuelven al nivel originario de la madre para recibir su herencia. El tiempo y la historia están marcados por los cambios en la montaña. Los cultivos rotatorios tienen un período de descanso y un ciclo de trabajo, al igual que el día y la noche, o la vida y la muerte. Cuando estos andinos mueren son enterrados, en el nivel más bajo, desde donde, se piensa, recomienzan un viaje subterráneo hacia la cima de la montaña. La travesía de la vida a la muerte es inversa al desplazamiento del sol. Los santuarios de Ayllu Kaata son interpretados de acuerdo a su relación con los distintos niveles ecológicos y con diferentes partes del cuerpo humano. Cuando los santuarios (animitas) son compartidos religiosamente por diferentes ayllus, montañas separadas son reunidas, y así los qollahuayas sostienen que son un solo pueblo porque reverencian los mismos santuarios. Por ejemplo,

Pachaqota, un gran lago que se ubica en la cabeza del monte, es el ojo en el que el sol desaparece; simboliza la muerte, la fertilidad y las llamas. Los pastores de Apacheta celebran el Rito de Todos los Colores en las orillas del lago Pachaqota. Otra comunidad, Jatun Junch'a, se asocia con el hígado y el corazón. Los adivinos alimentan este santuario con fetos de llama durante el Rito de los Campos Elegidos. Las tierras altas, centrales y bajas tienen santuarios comunitarios que reflejan sus zonas ecológicas, pero desde el punto de vista del ayllu como un todo, el santuario de la comunidad es sólo una parte de la metáfora del cuerpo. La gente de las tres comunidades alimenta cada uno de los santuarios durante las festividades y rituales del ayllu. La gente de Apacheta, por ejemplo, contribuye con fetos de llama a los santuarios de los niveles más bajos, y la gente de Ninokorin aporta la chicha para regar los santuarios de las zonas más altas. A pesar de que los santuarios están ubicados en distintos niveles, son partes integrales de la metáfora de la montaña-cuerpo. Metafóricamente, Ayllu Kaata es una entidad orgánica nacida y recreada por medio de los intercambios y relaciones de reciprocidad generalizada, trabajo compartido y rituales. Pachamama, la madre-tierra, es siempre saludada en brindis ceremoniales de reverencia, y recibe muestras de todo lo que se consume en las celebraciones. Los pasos, cauces de agua, ríos, montañas, lagos, rocas y cuevas son todos sitios rituales. La calidad telúrica de los santuarios permite que sean metáforas del orden ecológico.

Estoy seguro que para muchos de ustedes esta historia de pueblos de la tierra (pueblos «enraizados», como los han llamado antropólogos y ecólogos)²⁶ que se identifican con el tejido de la vida que lo rodea es un tema familiar que aparece en las narrativas de muchos pueblos nativos. Esto fue comprendido hace ya mucho tiempo por varios pioneros del pensamiento medioambientalista. Hay una amplia literatura antropológica e histórica al respecto. Los mismos temas de la tierra y sus criaturas, percibidas como verdaderamente bellas; el sentido de misterio, reverencia y celebración por la tierra, entendida como un ser vivo y poderoso, como una comunidad pletórica de seres vivos, entre los que los seres humanos son sólo una parte y en que la tierra es una parte de ellos; la convicción de que hay un parentesco de los

²⁶ Véase J. P. Orrego: «On rooted and uprooted people. Tesis de Master», Faculty of Environmental Studies, York University, Toronto, 1985.



humanos con todos los seres vivos, y la comprensión de que el ser depende para su realización de este parentesco. Finalmente, el principio de la reciprocidad generalizada y el equilibrio requerido por las relaciones entre humanos y otros seres vivos y la tierra como un todo permean todos los aspectos de la vida cotidiana. Así, por cada cosa que se toma de la tierra algo tiene que ser retribuido. En este universo, la pérdida de una especie rompe irreparablemente el balance del mundo. Todas las actividades, desde la caza hasta el tratamiento de los enfermos, son un reconocimiento y una afirmación del carácter sagrado de la vida. Por supuesto, en ese universo, mi coeficiente de inteligencia y, probablemente, el de ustedes sería muy bajo...

8. La búsqueda de sustentabilidad ecológica y social en los márgenes

Durante varios años he dedicado una parte importante de mi trabajo de investigación como profesor en la Facultad de Estudios del Medio Ambiente en la Universidad de York al estudio de experiencias locales de sustentabilidad ecológica y social. Los estudiantes de posgrado con los que he tenido el privilegio de trabajar han documentado y estudiado sistemáticamente muchas de esas experiencias. Personalmente he comentado en algunas publicaciones parte de las experiencias más interesantes en Chile, conocidas algunas directamente y otras a través de investigaciones bibliográficas.²⁷ En ellas se comentan las experiencias de sustentabilidad llevadas a cabo por el Centro de Educación Popular «El Canelo de Nos» y la Red de Centros de Desarrollo Local; las experiencias en el cultivo artesanal de especies marinas en peligro de extinción realizadas por el Grupo de Estudios de Ecología Insular en Chiloé (GEEL) y otras experiencias de enorme valor llevadas a cabo por ONGs en Chile. No volveremos aquí sobre ellas, aunque cada una justificaría un artículo separado y requieren todavía mucho más estudio, más apoyo financiero y más divulgación. Sus éxitos son notables, a

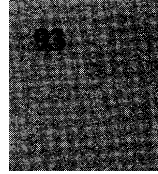
²⁷ Véase A. Rojas, «Politics as a celebration of life: Ecology and Democracy in new Chile», *Alternatives*, vol. 13, N° 1, 1985, pp. 40-49; A. Rojas, «The environmental movement and the environmentally concerned scientific community in Chile», *op. cit.*, 1992.

pesar de la precariedad material con las que han sido llevadas a cabo y las dificultades de todo orden que han debido confrontar. Terminaré esta presentación con una narración de una experiencia llevada a cabo por el movimiento biorregionalista en la costa oeste de Norteamérica.

- a) La experiencia del Consejo de Restauración Ecológica del Valle Mattole en California del Norte

El valle del río Mattole es un lugar de belleza extraordinaria. La cuenca del río, en la biorregión de Klamath-Siskiyou cubre un área de más de 300 millas cuadradas. El río, de 64 millas de largo, corre paralelo a la costa, nunca alejándose más de 20 millas hasta que se inclina sobre él en el Océano Pacífico en Cabo Mendocino. A medida que uno se acerca al valle a través de la única carretera que conduce hasta allí, la niebla que inunda la mayor parte de California del Norte se levanta revelando los cerros suaves de la costa. Los altos picos rocosos, los cerros redondos y la playa tranquila son impresionantemente bellos. La cuenca recibe entre 100 y 150 centímetros de lluvia al año.

Tal vez por su belleza y lejanía, la cuenca del Mattole atrajo a un grupo numeroso de *back to landers* (el movimiento de «regreso a la tierra») desde 1968, triplicándose a 2.000 personas la población del valle. La historia de esta experiencia la podemos trazar a través de la vida de algunos de estos personajes. David Simpson, un ex actor de mimos de San Francisco, es uno de ellos. Llegó al valle con otros justo en la época en que se extinguían los salmones. La pérdida de los peces fue provocada por la erosión del terreno vecino, a su vez causada por la tala de bosques, la sobreexplotación de la tierra para pastoreo y demasiadas rutas mal construidas. Cuando los investigadores visitaron a David Simpson y a su esposa Jane, relataron la historia del valle y del proceso que condujo a la sedimentación y a una serie de aluviones que cambiaron la ecología de la cuenca. En 1948, se usaron en la zona una serie de máquinas taladoras de bosques hechas con adaptaciones de tanques desechados de la Segunda Guerra Mundial. El resultado fue un verdadero asalto indiscriminado para comercializar la madera obtenida en el Mattole, que se mantenía bastante intocado hasta la fecha, gracias a su relativa dificultad de acceso. La electricidad había llegado al Mattole



sólo en 1948. Desde entonces, en un período de 40 años, el 91% de las coníferas más antiguas fue exterminado. Inviernos torrenciales, un terreno escarpado y la tala masiva de los bosques provocaron una grave erosión y serias inundaciones, que arrasaron con los bosques ribereños en 1955. Otra vez, entre 1964 y 1965 enormes inundaciones y más talas indiscriminadas acentuaron la erosión del suelo. La sedimentación del río llegó a cubrir las pozas y las áreas de desove de los peces. De acuerdo al relato de Simpson, estos cuarenta años «reescribieron la historia de la civilización», es decir, la historia de destrucción de los suelos resultante de la civilización (E. Hyaams, 1976). Sólo en 1975 la industria forestal fue obligada a iniciar replantaciones. Simpson y algunos de sus amigos se habían interesado en restaurar salmones plateados en Mill Creek en 1975. Desde entonces, comenzaron a considerar la población de salmones como un indicador de la integridad y salud de las cuencas tradicionalmente habitadas por este pez. (Es interesante el contraste con la experiencia de la introducción de «monocultivos» de salmones en Chiloé, donde los grupos ecológicamente sensibles los ven como extremadamente depredadores.)

Otro personaje significativo que contribuyó con sus relatos es Freeman House, uno de los participantes más activos del movimiento ecológico biorregionalista. Freeman House y su amigo y vecino David Simpson relataron a los investigadores cómo hacia fines de los años sesenta llegaron a comprender que la cultura occidental había llegado a remover una serie de experiencias humanas vitales, tales como el nacimiento de los niños, la muerte y la comida. Esta sensación llevó a Freeman a interesarse por la «verdadera comida». Se compró entonces un pequeño barco pesquero en San Francisco y se convirtió así en pescador, trabajando varios años en Puget Sound y Alaska.

En 1973, Freeman House leyó los análisis energéticos de Michael Perlman acerca de la agricultura norteamericana. Durante ese verano, House aplicó los métodos de Perlman en sus operaciones pesqueras. Se dio cuenta de que estaba utilizando más calorías de energía en la «caza» de salmones en el océano que las que lograba obtener al final de la pesca. Más aun, se dio cuenta de que esos cálculos de gasto de energía no contemplaban los gastos energéticos necesarios en la explotación minera, refinería y transporte del petróleo o los costos energéticos requeridos para producir barcos pesqueros. Se convenció de que la pesquería comercial del salmón era típica solamente de la tecnología industrial que había alcanzado «las etapas más elevadas de auto

canibalización». (House, 1974). Todo aquello resultaba más absurdo aún, explica House, puesto que en el caso del salmón «cada pez adulto regresaba a su río de origen», siendo totalmente innecesario rastrearlos con ninguna máquina sofisticada y cara». Además, es justamente en esta etapa del ciclo de vida, cuando el salmón regresa del océano para congregarse en las bocatomas de su río de origen, que el pez se encuentra en su momento de máximo desarrollo y es más nutritivo como alimento.

Como buen pescador, House se dio cuenta fácilmente de la relación entre esas consideraciones ecológicas y el sistema de mercado «libre» en el que los pescadores se encuentran bajo el control de los empresarios procesadores y conserveros, que financian los barcos y dictaminan los precios. En la actualidad enormes viveros de cultivos comerciales han tomado el control de la industria salmonera, sin ninguna consideración ni resguardo de la población natural de salmones, ni de sus zonas de desove ni de su hábitat. Más aún, como lo señala House, «los esfuerzos para ayudar y proteger la población de salmones naturales que buscan mejorar y preservar sus zonas de desove son resistidos activamente por los intereses ligados a la construcción de nuevos y carísimos viveros de cultivo comercial». Todas estas consideraciones y el surgimiento de las ideas ecológicas biorregionalistas llevaron a House a cambiar sus planes de vida. Abandonó así la pesca y se trasladó a vivir al valle del río Mattole con propósito de dedicarse a la recuperación del salmón.

En 1979, el año en que House se cambió al Mattole, junto a Simpson y a un pequeño grupo iniciaron un esfuerzo a «escala de patio trasero» para propagar los salmones. Un año y medio de negociaciones con el Departamento de Pesca y Caza les costó obtener un permiso para cultivar pequeñas cantidades de salmón. La tecnología usada era extremadamente simple, incubadoras caseras ubicadas cerca de alguna de las casas, para chequearlas diariamente. Estas incubadoras funcionaban con pequeñas caídas de agua, sin uso de electricidad. Posteriormente, los salmones jóvenes eran liberados en el río, una vez que habían crecido lo suficiente para sobrevivir. Sin embargo, pronto el grupo descubrió que para impedir la fuga de los salmones tendrían que restaurar completamente la ecología de la cuenca:

«En el momento mismo en que uno se mete a mejorar las condiciones para la vida de los salmones, uno se da cuenta de un

modo concreto y real, hasta qué punto el salmón es un verdadero indicador. Entonces uno se da cuenta que no se puede restaurar un sistema natural simplemente poniendo peces de nuevo en el agua. Lo único que se obtiene así es meterse en un ciclo de interferencia permanente en el sistema natural». (House, 1974:107).

Para los cultivadores de salmón restaurar la cuenca significó también comprender que necesitaban ganarse la confianza de toda la comunidad del Mattole. House comenta que este es un ejemplo de cómo «el salmón organiza la actividad humana». Así, sus esfuerzos restauradores han sido emprendidos a través de «cuatro direcciones»: recuperación del salmón, control de la erosión, reforestación y educación.

Según Simpson, el esfuerzo despegó porque entre los habitantes de la comunidad todo el mundo quería los salmones: los rancheiros, los trabajadores de la tala de bosques y los dueños de casa. Y a medida que más mujeres se fueron incorporando en el «asunto de la recuperación del salmón», el proceso se fue haciendo más celebrativo y de pronto «uno estaba lidiando con cuestiones de cultura, de cómo vivir la vida».

El pequeño grupo de recuperadores de salmones creció, y en 1983 una serie de grupos de la cuenca formaron el Consejo de Restauración del Mattole. Los objetivos del Consejo eran:

- 1) Mejorar el conocimiento de los habitantes acerca de la cuenca.
- 2) Identificar los proyectos de restauración más importantes.
- 3) Construir una comunidad de restauracionistas conscientes.²⁸

El primer proyecto del consejo de Restauración del Mattole (M.R.C., Mattole Restoration Council) fue la preparación de un inventario del habitat del salmón, a través de toda la cuenca. Con la ayuda de un biólogo marino, 20 habitantes del valle caminaron 260 millas del río y sus tributarios para formar un mapa del habitat del salmón. Lograron ubicar obstáculos para la migración río arriba, determinar las caracterís-

²⁸ Véase J. Sayen, «Taking steps toward a restoration ethic», *Earth First!*, 1 de mayo de 1989, p. 16. Reproducido en V. Andruss, et. al. (eds.), *Home! A Bioregional tender*, pp. 121-126, New Society Publishers, Santa Cruz, California, 1990.

ticas más apropiadas del habitat para del desove de los salmones y se propusieron abordar esos problemas. Se comenzó una serie de esfuerzos para detener la sedimentación; construir vertederos, camas de piedras; plantar las zonas más erosionadas de la ribera; construir soportes para impedir nuevos desplazamientos de terreno, etc... El MRC comenzó a efectuar, también, censos en distintas secciones del río y a preparar inventarios de las principales fuentes de sedimentación. El Consejo considera la cuenca como unidad geográfica que todos los habitantes pueden identificar con facilidad y tomar responsabilidades específicas en su restauración. El MRC ha logrado obtener fondos del gobierno y de varias fuentes privadas. Se comenzó a comprender que los trabajos de restauración podrían llegar a ser una parte importante en la economía local, en la que había hasta un 25% de cesantía. El MRC es hoy una fuente importante de generación de trabajo productivo en el Mattole.

Cada año, cuando la época de desove llega, alrededor de la segunda semana de noviembre, los niños de la escuela local participan en la recuperación del salmón, actividad que forma parte del programa de estudios del medio ambiente del colegio. La escuela secundaria local, la única en la cuenca, constituye una alternativa dirigida por la gente del valle. David Simpson está en el consejo de la escuela. La participación en las tareas generales del MRC son parte de las experiencias educativas prácticas. Grupos de teatro y danza, festivales y otras actividades culturales se desarrollan como parte del esfuerzo general, bajo la consigna de «la restauración de la cultura debe ir mano a mano con la restauración de los sistemas naturales».

En 1988 el MRC desarrolló un esfuerzo para configurar el mapa de toda la cuenca y determinar la ubicación de los pocos espacios cubiertos por bosques de árboles antiguos. Usando una combinación de fotografía aéreas y los esfuerzos de 200 voluntarios completaron el proyecto y produjeron un mapa que se comparó con mapas anteriores a 1947. El efecto educativo de este esfuerzo fue muy importante. En palabras de F. House:

«...políticamente, la información acerca de la cuenca nos da municiones para lidiar con las entidades políticas: a nivel federal, de Estado y a nivel local. A menudo, es simplemente cuestión de avergonzarles; nosotros sabemos más que ellos. Pero a veces es también una cuestión más técnica, de ser capaces de organizar la



información de modo que tenga sentido para la gestión. Y ninguna de esas entidades oficiales se ha dado todavía el trabajo de hacerlo. Una cantidad enorme de información está surgiendo gracias a los esfuerzos de base».

Desde la publicación de los mapas, que documentaron los 40 años de dramática destrucción, mucha gente nueva se ha incorporado en los esfuerzos de restauración y preservación. Se logró detener la tala ilegal en el Bosque Santuario, 900 acres de encina costera y otras variedades antiguas en la cabecera del río, con un bloqueo de caminos en el que participaron 150 personas.

El MRC se opone a la utilización de los bosques antiguos y de todas las especies que dependen de éstos hasta que se encuentren sistemas de cosecha que preserven su estructura global. La organización considera que la práctica de pequeñas empresas productoras de madera y de productos elaborados pueden eventualmente integrarse con los esfuerzos de preservación de los bosques antiguos, de la calidad del agua, de los peces y del hábitat de las especies silvestres. Como lo ha señalado uno de los líderes intelectuales del movimiento biorregionalista, en un artículo acerca de la controversia entre algunos preservacionistas y restauracionistas, «si estamos por rehabilitar la tierra responsablemente, debemos reconocer que la preservación y la restauración son inseparables... Esta es la ironía de nuestra época: una gestión que mete las manos es necesaria para restaurar una vida silvestre no intervenida».³⁰

El desarrollo de la influencia del MRC ha continuado creciendo. Ahora la gente del valle se ha familiarizado y ha contribuido a formar un lenguaje de restauración y se ha acostumbrado a oírlo. Es ahora parte de su lenguaje:

Una de las bellezas de intentar el desarrollo de una ética restauracionista entre la gente de trabajo, es que trabajando juntos permite a la gente compartir una experiencia común y una

²⁹ Véase F. House, «Tótem Salmón», en V. Andruss, *et. al.* (eds.), *Home! A Bioregional Reader*, pp. 121-126, New Society Publishers, Santa Cruz, California, pp. 67-73, 1990. Publicado por primera vez en «North Pacific Rim Alive», *Bundle*, N° 3, San Francisco, California, Planet Drum Foundation.

³⁰ Véase J. Sayen, *op. cu.*, p. 14.

gran cantidad de información experiencial. Esto permite un nivel de comunicación que no se me ocurre de qué otra forma podría obtenerse. No he encontrado ningún modo más eficaz para el crecimiento de estas ideas en el corazón de más y más gente, que este tipo de trabajo compartido.¹

9. Reflexiones

Hemos explorado en este trabajo algunas de las implicancias de una postura biocéntrica para el debate sobre el desarrollo sustentable. Hemos sugerido que un desafío teórico-práctico de la más alta importancia es el desarrollo de la noción de sustentabilidad ecológica y social y de las condiciones que la hagan posible. El trabajo ha utilizado elementos de la antropología, la ecología y la agroecología y subrayado su significación para la formulación de una teoría económica que se haga cargo de los desafíos que plantea la sustentabilidad.

Los sistemas de significado de la vida de pueblos indígenas de los Andes y de América y de muchos pueblos nativos de todo el mundo tienen al menos un elemento en común que ha sido también detectado por estudiosos de varias corrientes espirituales orientales (como el budismo y el taoísmo³²). Típicamente, en su aproximación a la realidad estos sistemas de sentido buscan analogías, similitudes y extensiones y continuidades del ser, más que identidades separadas de egos atomizados. Muestran, además, una significativa resistencia a las nociones abstractas que dependen de principios universales, como sistema, unidad, objetividad, uniformidad y conceptualización, que son las que unifican las tradiciones dominantes de la filosofía occidental. Lo que es característico de los modos de pensamiento de muchos pueblos nativos y varias tradiciones orientales es la presencia de una imagen efectivamente focalizada, y no una teoría; una experiencia, en última instancia, inexpresable en conceptos o números o argumentos; una metáfora evocativa y no una demostración lógica de la verdad.

³¹ Véase F. House, *op. cit.*, p. 110.

³² Véase Callicott y Ames, *Nature in Asian Traditions of Thought*. SUNNY Press, 1989

Es evidente que la posición biocéntrica tiene un muy largo camino que recorrer para encontrar un lenguaje que le permita entrar en diálogo con las ciencias sociales y con la ciencia económica en particular. Los argumentos en favor del desarrollo sustentable permanecen, en la mayoría de los casos, dentro de una visión estrictamente antropocéntrica de la crisis ecológica. El argumento del «derecho humano» al total acceso a la naturaleza para propósitos enteramente humanos se asume por sentado en la mayor parte de las elaboraciones sobre el tema. La naturaleza continúa siendo vista como una mercancía, y el hombre es visto como rector o agente, emperador o conductor. La premisa utilitaria surge y reaparece en todo el espectro de argumentos «de uso inteligente» de la naturaleza, y, de un modo menos visible, en los argumentos que se basan en la defensa de la calidad de vida. Al menos en este último argumento, la recompensa es cualitativa más que cuantitativa, pero se mantiene la premisa de que la naturaleza es un haber y que el hombre es el beneficiario, independientemente de si consume la naturaleza prístina inmediata o gradualmente. Es contra esta concepción que muchos de los pueblos indígenas han enfilado su resistencia al progreso y el desarrollo. Las experiencias narradas aquí se inscriben en una perspectiva biocéntrica.

¿Qué nos indican estas experiencias locales? Son simplemente un par de bellos esfuerzos puntuales, carentes de proyección general, resultado de las buenas intenciones de excepcionalmente raros casos aislados de lucidez?

La verdad es que quienes se interesan en serio por las demandas que surgen del imperativo ecológico saben que experiencias de este tipo se están multiplicado por cientos en todos los rincones del planeta. Hay ya una literatura abundante al respecto, documentando casos exitosos y otros no tanto. Algunas iniciativas vienen de antiguos intentos de oponer experiencias locales de desarrollo a la «escala humana» a la impetuosa expansión de la civilización industrialista y su reguero de destrucción cultural, quiebre de comunidades humanas y mercantilización y monetarización de la vida. Desde el movimiento romántico en adelante (y aun desde antes, con las primeras formulaciones utopistas), en los márgenes de la sociedad han existido estos intentos de crear experiencias que posibiliten un nivel superior de desarrollo humano, en el marco de una ética igualitaria y de cooperación. Los años sesenta reeditaron esas oleadas que llevaron en el pasado a miles de hombres mujeres y niños a intentar la aventura, siempre con resultados

discutibles y pocas veces durables. Alguien se ha referido a estas experiencias utópicas como experimentos humanos valiosos porque, a pesar de ser tan volátiles, se los puede considerar como experiencias «biodegradables», que se disuelven en espacios de esperanza y decepción, una vez que cumplen su función. Muy distinto, por cierto, a la experiencia de las grandes instituciones militares industriales y corporativistas, verdaderas rocas lanzadas con catapulta en el medio de una laguna prístina, devastándolo todo...

Sin embargo, hay elementos para pensar que las experiencias que comentamos en este trabajo corresponden a un fenómeno nuevo, aunque con continuidades de otros experimentos sociales. La primera y fundamental novedad radica en que se trata de respuestas intencionales a la crisis ecológica. Por ello, parten de una valorización de la diversidad humana como no sólo inevitable, natural, sino también deseable. Se hacen eco de un mensaje de la naturaleza: las especies que aprenden a vivir en la biodiversidad son las que finalmente se adaptan exitosamente.

En segundo lugar, las experiencias que comentamos y centenares de experiencias de la economía informal que se podrían agregar, y decenas de intentos de producir y vivir dentro de los códigos que aseguran la integridad de la biosfera, contienen semillas que pueden ahora florecer. Los cambios que la crisis ecológica está produciendo en la matriz cultural de la sociedad industrial sugieren que esto es una posibilidad real. Se corresponden con una búsqueda semejante en casi todas las ramas de la ciencia y de, prácticamente, todos los sistemas filosóficos, espirituales y artísticos: la búsqueda de una cultura posmoderna.

En tercer lugar, las experiencias que comentamos señalan que es posible vivir mejor, dormir, comer, divertirse, descansar, crear y trabajar mejor cuando se busca proveer para las necesidades de belleza, paz, felicidad y sensibilidad por la naturaleza y sus necesidades, que cuando los proyectos económicos aparecen únicamente motivados por el ansia de acumulación y crecimiento cuantitativo. Surge de estas experiencias la noción de que la restauración ecológica y la sustentabilidad permiten un desarrollo humano que las teorías y las prácticas modernas del desarrollo simplemente parecen aplastar irremediablemente. Es posible empezar a pensar en serio en una economía cuyo principio articulador sea la restauración y la preservación ecológica, cuyos indicadores tengan en cuenta lo que la naturaleza aporta en energía, y lo

que queda al final del proceso de producción, distribución y consumo, como los criterios principales de riqueza económica.

El desafío es reconocer que estas experiencias, verdaderos espacios de esperanza, han ido surgiendo como la pequeña planta que se abre camino en el cemento y que lucha por echar sus raíces. ¿Qué ocurriría si un gobierno democrático las tomara en serio, creara espacio para que se multiplicaran en la ciudad y el campo, dispusiera de recursos, tierra y agua para permitir su despliegue, y observara cuidadosamente qué ocurriría con el desarrollo del «sector ecológico» de la economía?



Habitar humano y medio ambiente

Arturo Fontaine Talavera

Arturo Fontaine Talavera es M.A. y M. Phil. en Filosofía, Universidad de Columbia; Licenciado en Filosofía, Universidad de Chile. Profesor del Instituto de Ciencia Política de la Universidad Católica de Chile. Director del Centro de Estudios Públicos.

Agradezco sus comentarios a los miembros de la Comisión de Medio Ambiente del CEP, en especial los de Fernando Allende, Gabriel Del Fávoro, Ricardo Katz, Juan Pablo Illanes y Francisco Rosende. Por cierto, lo escrito es de mi exclusiva responsabilidad.

1. Naturaleza, paraíso y jardín

Paraíso quiere decir «jardín». Desde sus orígenes la noción de «paraíso» aparece íntimamente asociada a la de un jardín. El «jardín del Edén» es el jardín de Dios. Ese jardín se diferencia de lo meramente natural, de la estepa y del desierto. Es un espacio cerrado y protegido. Lo natural es lo desconocido, lo indómito, lo amenazador, lo salvaje. Allí habitan las fieras a las cuales hay que disputarles el alimento; allí el entorno es inclemente. En cambio, en el Jardín del Paraíso las fieras son mansas.

En los relatos clásicos de la «Edad de Oro» se dice que de la tierra manaban leche y miel. Según cuenta Ovidio en *Las Metamorfosis* se trataba de un mundo en el que las «criaturas vivas confiaban la una en la otra». Tanto los seres humanos como los animales eran pacíficos, desprovistos de agresividad. No había prohibiciones, ni violencia de ninguna clase, ni autoridad alguna. Por lo tanto, no existía el Estado. Tampoco era necesario cultivar la tierra: «La tierra era inocente»... entregaba sus riquezas como «los frutos cuelgan del árbol». Había sólo una estación: la primavera. Era «la estación de la leche y del vino» que corrían en «arroyos de ámbar», mientras de las verdes encinas goteaba la miel. «Dichosa edad y siglos dichosos —dice el Quijote en su célebre discurso sobre la Edad de Oro— aquellos a quien los antiguos pusieron nombre de dorados, y no porque en ellos el oro, que en esta nuestra edad de hierro tanto se estima, se alcanzase en aquella venturosa sin fatiga alguna, sino porque entonces los que en ella vivían ignoraban estas dos palabras de *tuyo y mío*». Lo «mío» y lo «tuyo» no existían. La propiedad era común, pues no había escasez. Ovidio, anticipándose a muchas de las nostalgias de hoy, ya había escrito:

«incluso los pinos persistían en sus propios cerros no eran derribados para navegar por mares ignotos».

La pérdida de ese mundo arroja al hombre a una naturaleza inhóspita, peligrosa y mezquina. Es preciso subsistir doblegando su hostilidad por medio del trabajo y la violencia. En esas circunstancias, sólo el jardín, el coto en medio de lo salvaje, permite una naturaleza apacible y armónica con el ser humano. Ese parque o jardín es ya «fruto del trabajo del hombre», como lo aprende bien pronto quien quiera hacer o conservar un jardín.

¿Pero no ocurre que la naturaleza puede ser también benéfica antes de que el hombre la domine y domestique? En cierto modo sí.¹ ¿No añoramos, por ejemplo, esa playa solitaria, protegida del viento, de mar apacible y arenas suaves, tibias, donde los griegos imaginaron el nacimiento de la diosa del amor, Afrodita? Diría que ese paisaje apacible y reconfortante se recorta sobre un fondo amenazador dado por la inmensidad del mar, el poderío de sus vientos y tempestades. En verdad, ese recorte de la imaginación se corresponde con la añoranza del jardín natural, es decir, el que hizo la naturaleza sola, sin intervención humana. Se trata, nuevamente, del Jardín de Dios. Porque el ser humano, tal como lo conocemos, no puede subsistir en la naturaleza sin la mediación de lo artificial. Es a través de su trabajo, de su intervención transformadora, que se puede experimentar lo benéfica y acogedora que puede ser la naturaleza. A menudo nos representamos esas intervenciones y encuadres como llamados a completar y perfeccionar lo natural, como maneras de encauzar la naturaleza según lo pide su propia y secreta ley. La reconciliación se produce, entonces, o como restauración o como proyección a futuro. En ambos casos es imperioso el trabajo transformador y la creación de lo artificial.

Los jardines árabes o los renacentistas asumen muy explícitamente su artificialidad. Sugieren una versión sublimada de la naturaleza espontánea o existente de hecho en el mundo, congruente con la teoría de la naturaleza caída o degradada de lo terrenal. Lo mismo ocurre con los paisajes de las pinturas. La figura humana o divina

¹ Agradezco a Fernando Alliende sus comentarios acerca de este punto, los que me han permitido profundizar y matizar mi planteamiento. Debo a Juan Pablo Illanes valiosas reflexiones acerca de lo artificial como nicho ecológico de la especie humana.



tiende a aparecer enmarcada en una estructura arquitectónica. El jardín, si está, se divisa supeditado a ella y surge completamente idealizado, evocando la imagen del Edén.

No es casual que el paisaje pase a ser un tema por sí mismo en la pintura del siglo XIX. Algo ha cambiado en la concepción de la naturaleza para hacerlo posible. Y eso, creo, es el romanticismo que le atribuye a lo espontáneo un valor ético y estético. La idea del «buen salvaje» corrompido por la civilización corre paralela a la apreciación de la vida y el paisaje natural. Por cierto, hay antecedentes antiguos. Diógenes y los cínicos se apartaban con desdén de la civilización como resultado de su enfoque filosófico. Los anacoretas y los monjes contemplativos comparten, a su modo, este «desprecio del mundo».

Para el romanticismo, los niños y los campesinos representarán algo así como una versión pálida del «buen salvaje». Como se sabe, son parte del mismo fenómeno, el interés por la música y las leyendas populares (una de cuyas expresiones son los cuentos recopilados por los hermanos Grimm), por el lenguaje hablado, por la sabiduría de los sentimientos y las intuiciones, tal como se expresan, por ejemplo, en la prosa de Goethe o de Chateaubriand o en la poesía de Wordsworth.

El arte de la jardinería no tarda en empaparse del mismo espíritu. El parque de «estilo inglés» recoge la visión romántica que exalta lo natural de la naturaleza. Es un poco una paradoja: crear o encapsular artificialmente lo salvaje. El parque inglés sugiere lo que está más allá, pues quisiera cercar lo que está afuera del jardín. Por eso a medida que se aleja de la casa se diluye gradualmente hasta transformarse en pasto, en bosque, en laguna o río. La naturaleza ha perdido su carácter puramente inhóspito y amenazador. Al contrario, parece esconder un misterio, encerrar el secreto de una felicidad perdida o ignorada. Es de alguna manera un paraíso prometido.

Para nosotros, la experiencia radical de la naturaleza y lo salvaje no es ya posible. El bosque natural sólo puede subsistir apartado y protegido por el hombre. Lo peligroso y amenazador no están afuera sino adentro de nosotros. Lo inhóspito puede ser el rastro de lo humano. La mantención de lo natural de la naturaleza es ya una compleja obra de jardinería. El romanticismo es la otra cara del avance científico y tecnológico de la revolución industrial, del desarrollo de la máquina y la urbe. El ecologismo retoma estas preocupaciones en la época de la expansión del poderío nuclear que entrega al hombre la capacidad de destruir la naturaleza tal como la hemos conocido y de hacer inhóspito

su propio habitat. Lo que hoy está en juego es el modo, la extensión y la intensidad con que debe abordarse esta obra de protección del medio ambiente natural. Por cierto, este propósito admite muchas interpretaciones más o menos exigentes y radicales. Pero hoy, en cualquier caso, la conservación de ese paraíso es, como en el *Génesis*, una tarea humana. La retorcida y astuta serpiente del progreso y sus tentaciones pueden hacernos fracasar. ¿Tendremos el conocimiento y la voluntad que ese cuidado exige?

En las páginas que siguen quisiera hacer presente algunos riesgos: el fundamentalismo ecológico, por una parte, y, por otra, en sentido opuesto, la cuestión de la pérdida irreversible de bienes altamente valorados. Hacia el final quisiera barruntar por dónde pasa el estrecho desfiladero que, a mi juicio, permite encarar este desafío. Pero más que soluciones simplistas, mi intención, en este artículo, es entregar algunos elementos de juicio para la comprensión del complejísimo problema que nos convoca.

2. El fundamentalismo utópico verde

El desarrollo tecnológico ha hecho de la preservación del medio ambiente nuestro horizonte. Puesto en las categorías clásicas, esto significa que la «fisis» (lo natural) es hoy «ule» (materia) a la que da «eidos» (formas) la «energía» (la actividad humana). Esto quiere decir, si la intuición de Heidegger es correcta, que lo más propio de lo natural se presenta hoy como material para el trabajo y actividad. Se trata de una «determinación metafísica de acuerdo con la cual el ente aparece como material de trabajo».²

Quisiera comentar en este apartado una de las tendencias del ecologismo contemporáneo. A mi juicio, dentro del movimiento ecológico o verde hay incrustado un sector radical que comparte un enfoque utópico y fundamentalista. Su doctrina es conocida, a veces, como «ecología profunda». Sería un torpe error o una caricatura burda pensar que dicho enfoque es el preponderante entre quienes comparten

² Martin Heidegger, *Cartas sobre el humanismo* (Madrid: Taurus Ediciones, S.A., 1970), p. 38.

preocupaciones ecológicas reales. Voy a anotar, simplemente, los rasgos de lo utópico al interior de un movimiento mucho más vasto y que no depende, esencialmente, de lo utópico.

El utopismo verde³ es una forma de fundamentalismo secular que comparte con otros fundamentalismos el sustentarse en un misterio negado, no reconocido como tal: el futuro de la biosfera. Todas las afirmaciones planteadas enjerga científica y las profecías apocalípticas que de allí derivan; todo el código de conductas prohibidas (dieta, destino de los desechos materiales de los objetos fabricados, movilización y otros), en fin, la cosmovisión y práctica del movimiento, en última instancia, reposan sobre un misterio que, aunque nos cueste admitirlo, los hombres ignoramos. Los ciclos de evolución de los fenómenos son tan largos que no es posible, salvo muy limitadamente, opinar sobre ellos con base en la experiencia. Los datos son, en general, inciertos y las variables son múltiples. No obstante, como ocurre a menudo en fenómenos de esta clase, hay un pequeño grupo de elegidos que tiene acceso a los misterios y cumple funciones sacerdotales: son los ecólogos. Estos iniciados son nuestros intermediarios.

Como en toda utopía estructurada ha de haber aquí una escisión fundante, una llaga. Y su contrapartida, una conducta que reconcilia. Esta praxis es utópica, es decir, por definición frustrante. El cuidado del jardín natural es forzosamente imperfecto, puesto que depende de repetidas intervenciones que inevitablemente alteran su vida espontánea, que es lo que se quiere proteger. Las profecías apocalípticas hacen juego con la proposición de esta praxis salvífica. El plan escatológico supone la búsqueda de un estado de consonancia con el medio ambiente, en el cual el hombre no amenace con sus intervenciones la salud y espontaneidad de la naturaleza. Se echa mano, entonces, a la noción del pueblo escogido, confirmándola con la del «buen salvaje». Se estudian experiencias de remotos pueblos indígenas y de minorías étnicas (generalmente extintas o en vías de extinción) y se realzan sus virtudes perdidas. Lo corriente es que estos casos no sean universalizables. Pero no importa: son ilustraciones ejemplares. Permiten reavivar la fe en que la praxis utópica es posible, de hecho ha sido posible (para ciertos individuos, para ciertos pueblos especiales). Por

³ Me refiero a esto mismo en el trabajo «Baudrillard y el fundamentalismo ecológico», *Estudios Públicos*, 51, invierno 1993.

otra parte, surgen los ritos correspondientes: abrazar a los árboles, celebrar el «*Día de la Tierra*» (Earth Day)... Sin embargo, el dolor de la caída acompaña siempre a la praxis utópica. Entonces se vive en culpa, lo cual refuerza el sometimiento a la autoridad totalizadora del ecólogo. La vida social en su conjunto, y en sus minucias, deberá planificarse en función de esta visión utópica.

Esta escatología ultramundana supone que la Tierra, *Gaia*, adquiera connotaciones divinas. El riesgo es que puede acarrear una oposición al humanismo y terminar en una forma nueva de totalitarismo. Así, por ejemplo, según el pensador noruego Arne Naess, es preciso distinguir la «ecología profunda» de la ecología antropocéntrica. La «ecología profunda» se basa en un igualitarismo ontológico radical. En lugar del antropocentrismo se proclama el biocentrismo. Se reconoce, entonces, «el derecho (de todas las cosas) a existir y a florecer». Este es un imperativo ético que recae sobre el hombre: preservar la diversidad sin anteponer sus prioridades como especie como si fuesen universalizables. «Las rocas —dice el filósofo Rodrick Nash con valerosa consistencia— no son seres morales, pero los seres morales pueden atribuirles derechos, alegar derechos por ellas, y representarlas en la obtención de esos derechos...».

La tesis del biocentrismo es difícil de entender. La idea parece ser que la vida tiene un valor más allá de su utilidad para el hombre. Eso, al principio, no ofrece dificultades. Pero, al abandonar el antropocentrismo, no resulta fácil imaginar desde qué punto de vista debe analizarse la preservación del medio ambiente. Desde luego, ¿tenemos derecho a usar la vida de otros seres vivos? ¿Es lícito, por ejemplo, criar pollos y terneros para comérselos? ¿Tenemos derecho a «matar» lechugas o eso viola sus derechos? Supongamos que la respuesta sea «no». ¿Qué se sigue? Llevada a ese extremo, la tesis resulta manifiestamente absurda.

Talvez el imperativo biocéntrico debería establecer limitaciones (incluida la especie humana) destinadas a favorecer la biodiversidad sobre la base del supuesto de igualdad ontológica de todas las especies. El problema de este planteamiento es que aun sin intervención humana hay especies que tienden a desaparecer como producto de la evolución. Es la historia de los saurios. Los científicos calculan que son muchos miles las especies que están desapareciendo permanentemente de la faz de la tierra. El biocentrismo, así planteado, intenta abolir el proceso de selección natural darwiniano. La responsa-

bilidad ética recae sólo sobre aquellas intervenciones humanas a las que cabe responsabilizar de la desaparición de ciertas especies. Pero ocurre que las alteraciones que realiza la actividad humana en el planeta son tan múltiples que no resulta fácil imponer restricciones generales a la práctica de las personas que pudiera poner en peligro la conservación de cualquier especie. Más bien lo esperable es que el ser humano ponga hincapié en la conservación de aquellas especies amenazadas a las que él confiere un particular valor. Sólo que aquí resurge el enfoque antropocéntrico. Lo que el biocentrismo no logra aclarar, a mi juicio, es en virtud de qué imperativo ético el ser humano debe asumir el cuidado de todas las especies con un criterio igualitarista. Tampoco se hace cargo, naturalmente, de la viabilidad que tendría el asumir estos principios de un modo radical. Tampoco toma debidamente en cuenta los efectos fuertemente restrictivos de la libertad de las personas del proyecto. Ni las consecuencias éticas que tendría un descenso económico significativo (lo que sería inevitable) dado el tamaño de la población que habita el planeta. Adoptar los criterios del fundamentalismo ecológico implica riesgos de vida para muchas personas que tienen, en las circunstancias actuales, su subsistencia asegurada.

El ser humano no destruirá la naturaleza, pero sí puede acabar con la que hemos conocido y hacer imposible la vida de la especie humana en ella. Desde un enfoque biocéntrico, ello no es grave, pues al final la biosfera sobrevive al hombre. Lo alarmante es que esa destrucción disminuya la biodiversidad. Con todo, ¿qué grado de biodiversidad es la óptima para la biosfera? ¿Tiene siquiera sentido hacerse ese tipo de preguntas?

Pero la incertidumbre no arredra a quien, llevado por un impulso utópico, da un salto de fe, siente amenazada la integridad de algo vagamente numinoso y se compromete ferozmente en una praxis misional de reparación.

Jean Baudrillard ha sostenido recientemente, comentando el experimento «Biosfera 2», de Arizona, que lo que subyace al ecologismo radical es la búsqueda de la sobrevivencia a toda costa. «Reciclaje de todas las sustancias, integración de flujos y de circuitos, no polución, inmunidad artificial, equilibrio ecológico, abstinencia controlada, goce bajo control, pero, como contrapartida, el derecho a la conservación de todas las especies, no solamente las vegetales y animales, sino las sociales: mujeres, niños, negros, homosexuales; se trata de asumir formalmente todas las categorías de un derecho a la sobrevivencia que consagra

el fin de la selección natural». ⁴ En verdad, para Baudrillard, el ecologismo expresa un temple de ánimo hoy prevaleciente que intenta vivir como si la muerte no existiera. «La vida real... es sacrificada a la sobrevivencia artificial... Antes se embalsamaba a los muertos para la eternidad, hoy se embalsama a los vivos en la sobrevivencia. ¿Es necesario esperar esto? ¿Es necesario que, habiendo perdido nuestras utopías metafísicas, construyamos una utopía profiláctica?». ⁵ Si Baudrillard está en lo correcto —y yo creo que lo está— se quisiera construir técnicamente un paraíso artificial donde se preserve lo natural, pero sin basura, desperdicio o gérmenes de muerte. Es un proyecto de raíz milenarista que no cree en la eternidad como trascendencia, y aspira, en cambio, a la perdurabilidad intramundana. La paradoja es que al negarse la muerte, se niega la vida. ⁶

Sin embargo, esto no es todo. El cuidado por lo que existe es parte de la vida y no implica, necesariamente, la negación de la muerte. ¿No será posible a partir de ese cuidado una recuperación de lo religioso, alejada del fundamentalismo totalizante? Creo que el Arca de Noé no ha de confundirse con el experimento «Biosfera 2»; creo que la actitud de Noé —cuidar lo que existe y su renovación— no implica una utopía de la perdurabilidad.

3. El cuidado de lo que existe y la propiedad privada

Ahora quisiera plantear cual es, en mi opinión, el valor central que la preocupación ecológica rescata: el cuidado de lo que existe. Creo que hay aquí una actitud ética de contenido profundo. Diría que tras la preocupación por el medio ambiente hay una actitud de admiración, de reverencia, quizá, ante el misterio del universo y de la posición del hombre dentro de él. Es la misma actitud que pone en

⁴ Jean Baudrillard, «Sobrevivencia e inmortalidad: Fin o arrepentimiento de la historia», conferencia leída en la Sala Claudio Arrau del Teatro Municipal, el 23 de marzo de 1993. *Estudios Públicos*, 51, invierno 1993.

⁵ ídem.

⁶ Acerca de esto, véase mi comentario «Baudrillard y el fundamentalismo ecológico», *op. cit.*

marcha, según Aristóteles, al conocimiento. En este cuidado de lo que existe y en la preocupación por su reproducción se está consciente del peligro; el peligro último es la muerte, la extinción, es decir, la pérdida irreversible.

La sociedad desarrolla mecanismos institucionales que permiten encauzar esta inquietud, que es un modo de vivir el amor por lo real. Este se expresa también como un amor a la diversidad de lo real. La cuestión estriba en cómo acoger este impulso ético sin empararlo de una visión utópica que termina negando el amor a lo real.

La propiedad privada surge como una manera de llevar a la práctica este cuidado de lo natural, que es tarea del hombre. Desde antiguo, los autores han reconocido en la propiedad privada un mecanismo institucional que permite un mejor cuidado de las cosas que la propiedad común.⁷ Tomás de Aquino, por ejemplo, sostiene que «todo hombre es más cuidadoso en procurarse lo que es para sí mismo que lo que es común a muchos o a todos; puesto que cada uno evitará trabajar y dejará a otro lo que concierne a la comunidad».⁸ Esto se debe, pienso, a que permite localizar la esfera de responsabilidad de cada cual. En general, desde el punto de vista de las instituciones, el cuidado se logra, hasta donde es posible, a través del mecanismo de propiedad privada, y lo que la hace socialmente beneficiosa es la libre concurrencia y la libertad de los mercados.

Sin embargo, la literatura especializada le reconoce un papel al Estado propiamente tal en la generación de normas como regulaciones y controles, si ello es necesario para disminuir los costos de transacción por concepto de externalidades negativas o si se trata de bienes públicos. Estas intervenciones gubernamentales van más allá de lo que cabe esperar de los particulares y también son un modo de institucionalizar el cuidado por las cosas, su reproducción y renovación.

Comúnmente se reconoce que Ronald Coase demostró que la jurisprudencia ha procurado, espontáneamente, rebajar los costos de transacción involucrados en la reducción de externalidades negativas.

⁷ Acerca de la relación entre preocupación ecológica, escasez, propiedad privada y externalidades, véase mi trabajo «Responsabilidad personal, daño y medio ambiente» en *Eco Eficiencia. La Visión Empresarial para el Desarrollo Sostenible en América Latina*. Ernst A. Brugger y Eduardo Lizano Editores. Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible BCSD, Editorial Oveja Negra Ltda., mayo, 1992.

⁸ Tomás de Aquino, *Summa Theologica* II-III, 2.

La intervención del Estado (por la vía legal y jurisprudencial) se justifica cuando es más costoso socialmente rectificar la situación a través del mercado, es decir, cuando los costos de transacción son muy elevados: «como es normalmente del caso en el perjuicio del humo, un vasto número de personas están implicadas, y en el cual los costos de manejar el problema a través del mercado o de la firma tenderán a ser altos».⁹ Se trata de una labor supletoria del Estado, puesto que habiendo externalidades, por hipótesis hay actos que tienen efectos que no es posible circunscribir a través de un mecanismo de delimitación de derechos particulares. Asimismo, Coase explícito cómo esto no siempre es así, es decir, que las normas y resoluciones de la autoridad imponen costos que también deben ser evaluados (y no siempre lo son). Lo importante es que para Coase la autoridad debe llevar a cabo una evaluación social, es decir, debe sopesar el valor del daño que realiza a un tercero el que contamina, y el daño que conlleva impedir la acción contaminante. Al hacerlo, tanto la norma como el juez han de tener presente el interés general.

«El problema al que nos enfrentamos —afirma Coase— al abordar acciones que tienen efectos perjudiciales no es simplemente restringir a quienes son responsables de ellas. Lo que tiene que decidirse es si la ganancia al prevenir el daño es mayor que la pérdida que se experimentaría en otra parte como resultado de detener la acción que produce el daño. En un mundo en el cual reordenar los derechos establecidos por el sistema jurídico implica costos, las cortes en los casos relativos a daños están, en efecto, tomando decisiones acerca del problema económico y determinando cómo han de emplearse los recursos».¹⁰

Es claro, por otra parte, que para disminuir las externalidades que dan pie a las intervenciones estatales cabe expandir el área de la propiedad privada. La definición de derechos está condicionada por factores materiales tecnológicos de control (considérese, por ejemplo, lo que era la crianza de ganado antes del alambre), así como factores institucionales y jurídicos. Habiendo una voluntad política y jurídica de

⁹ R. H. Coase, «The Problem of Social Cost», en *The Journal of Law and Economic*, vol. III, octubre 1960, p. 18.

¹⁰ R. H. Coase, *op. cu.*, p. 27.

aumentar el ámbito de la propiedad privada, los avances tecnológicos pueden hacer mucho para permitir áreas de propiedad privada respecto de bienes y objetos que hasta ahora caen fuera de su competencia.

4. La pérdida irreversible

El temor a la pérdida irreversible lleva a cuidar lo que hay, lo que existe. Sin embargo, surge aquí una dificultad, a pesar de que la propiedad privada existe precisamente para multiplicar y reproducir lo existente (y es un modo, entonces, de cuidarlo); pareciera que la pérdida irreversible, en ciertos casos, pone un límite al derecho del propietario sobre lo que posee.

Supongamos que un individuo se hace dueño de todos los cuadros de Van Gogh que existen. Supongamos que como legítimo propietario decide que cada día primero del mes quemará un Van Gogh. Supongamos, aún más, que se trata de un artista y que confiera a esta fogata un valor estético como «happenings»; que la filma y documenta, etc.

¿Tiene derecho la sociedad, a través del Estado, a preservar esos Van Gogh, a impedir su quema?

Si la respuesta es «sí», quiere decir que el Estado tiene derecho a imponer un ideal estético predominante por encima del derecho de propiedad de quien tiene otro ideal estético. Dicho así, uno titubea. Y, no obstante, aún la respuesta parece seguir siendo «sí». ¿Por qué? Porque lo que tiene de peculiar el caso es que la propiedad privada de los cuadros de Van Gogh no permite alterar su cantidad. Aquí la propiedad privada no remedia ni atenúa la escasez. Van Gogh está muerto y nadie pintará otro cuadro de Van Gogh. Además, se trata de un bien altamente valorado. En casos así parece que el propietario tiene límites. Porque normalmente —no siempre— el mérito de la propiedad privada es que permite un mejor uso de los bienes escasos y que contribuye a su reproducción y renovación. Esta fue la justificación de la propiedad privada que dio Hume. De allí que a él le parecía tan lógico que en las imágenes de la Edad de Oro, en la cual no hay escasez, no hubiese propiedad privada. «Los poetas —dice— se dieron cuenta fácilmente de que si cada hombre tuviera una amable consideración para con los demás, o si la naturaleza supliera todas nuestras necesidades o deseos, no podrían originarse ya los conflictos de intereses que supone

la justicia ni serían ya necesarias todas esas limitaciones de propiedad y posesión que al presente usan los hombres». ¹¹

Las preguntas que surgen son:

¿Alguien tiene derecho a capturar y sacrificar la última pareja de ballenas? ¿Alguien tiene derecho a derribar el último alerce? ¿Alguien tiene derecho a vender y demoler Notre Dame? ¿Alguien tiene derecho a destruir la belleza de un paisaje natural de características específicas, únicas?

La preocupación que subyace a estas preguntas es por la pérdida irreparable de bienes altamente valorados. Bienes únicos y escasos no valorados que desaparecen sin inquietar mayormente a nadie. El problema surge cuando se trata de bienes que para algunos —y quizás no para todos— merecen ser conservados, aun haciendo importantes sacrificios.

5. Valor de existencia y autoridad pública

¿Cómo evaluar proyectos de desarrollo que importan daños ecológicos irreparables o irreversibles? En dichos casos se produce una resta definitiva a la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras. No es posible saber con certeza si dicha pérdida compensa a la larga o no. El asunto es complejo y requiere adoptar actitudes cautelosas y conservadoras. Es lo que, en general, hacen los economistas que se han ocupado del tema.

La literatura económica distingue el «valor de uso» del «valor intrínseco o de existencia». ¹² El valor de uso incluye la estimación de los beneficios de la explotación productiva de un recurso y de recreación del medio ambiente. Tanto el uso de un lago por parte del pescador industrial, como el pescador artesanal y como el pescador deportivo son captados por la noción del valor de uso. En cambio, el

¹¹ David Hume, *A Treatise of Human Nature*, Libro III, Sección II, Oxford University Press, 1978, p. 494.

¹² David W. Pearce y R. Kerry Turner, «Measuring Environmental Damage», en *Economics of Natural Resources and the Environment* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1990), pp. 120 y ss.

valor intrínseco o de existencia es el que se le asigna a un bien por el mero hecho de existir. Es lo que, suponemos, llevó a Noé a salvar del diluvio y meter al arca a una pareja de elefantes. Este es un resumen de los criterios propuestos por Krutilla y Fisher para evaluar los proyectos que implican daños ambientales irreparables de recursos altamente valorados: 1) los beneficios de la preservación que se pierden se deben considerar como parte de los costos del proyecto de desarrollo; 2) los beneficios de la preservación se incrementan durante el tiempo debido al efecto de precios relativos (el medio ambiente natural se hará progresivamente más escaso); 3) los beneficios del proyecto de desarrollo deben tener un descuento adicional por «obsolescencia tecnológica» esperada, y 4) el valor presente de un proyecto puede ser muy sensible al precio relativo de la preservación y a la obsolescencia tecnológica.¹³

Según Coase, la intervención gubernamental se justifica para bajar los costos de transacción e implica una evaluación social. En el caso del valor de existencia (por ejemplo, de un paisaje o de una especie vegetal o animal), esto es sumamente difícil de estimar porque supone traducir una valoración inmaterial a términos pecuniarios, lo cual puede resultar muy artificial. ¿Cuánto vale la belleza? ¿Cuánto vale un sitio de alto valor arqueológico? Además requiere tomar en cuenta factores de uso, como la innovación tecnológica, lo cual es otra fuente de incertidumbre. Por definición, no sabemos a qué velocidad quedan obsoletos nuestros adelantos tecnológicos, pues ello depende de inventos por producirse. Supone, asimismo, hacer imputaciones de valor intergeneracional en un larguísimo plazo. ¿Cómo valorarán en el futuro bienes que hoy valoramos nosotros?

Aparte de todo ello es sumamente difícil auscultar las preferencias de la población acerca de estos bienes. Al respecto se ha sugerido la conveniencia de realizar referendos y encuestas de opinión para recoger la valoración social que se hace de un bien determinado. Sin duda, ello es positivo. No obstante, es difícil plantear la pregunta de tal manera que el ciudadano al momento de decidir pueda realmente evaluar los costos y beneficios de una opción u otra. Con todo, es probable que la ciudadanía participe más por esta vía en algunos temas de especial resonancia.

¹³ David W. Pearce y R. Kerry Turner, *op. cit.*, p. 316.

Pero al fin de cuentas, esta clase de decisiones debe quedar en manos de las autoridades políticas. Esta podría ser un área propiamente gubernamental en la cual la ciudadanía no tuviera otro control que los procedimientos habituales del sistema democrático. Parece razonable que un liderazgo consciente se haga cargo de estos temas y los resuelva guiado por la antigua e insoslayable virtud de la «frónesis», que los latinos y escolásticos llamaron «prudencia». Precisamente la idea de la democracia representativa, a diferencia de la democracia directa, es permitir una especialización en la función de gobierno pensada para abordar problemas complejos y respecto de los cuales la ciudadanía no está en condiciones de informarse oportuna y cabalmente como para resolver por sí misma.

Sería un error inferir que las áreas que se decida dejar al margen de los bienes susceptibles de apropiación individual corriente¹⁴ deban necesariamente ser propiedad y tener administración estatal. Es perfectamente posible que una reserva forestal, por ejemplo, sea administrada por una fundación privada sin fines de lucro especializada en la conservación de bosques nativos. También la legislación permite o puede permitir la propiedad privada de ciertos bienes de esta clase, pero sujeta a restricciones en cuanto a sus facultades de libre disposición y estableciendo obligaciones especiales relativas al cuidado y conservación de ellos, tal como ocurre con cierto tipo de patrimonio arquitectónico.

Es un hecho que la naturaleza está bajo la protección del hombre. En ese sentido es un jardín. Hoy en día, en especial, las generaciones jóvenes lo han asumido como una gran tarea. A veces, el proyecto adquiere connotaciones utópicas. Se busca, entonces, la sobrevivencia a toda costa. Negar la muerte es negar la vida y, con ella la libertad de la vida. El horizonte de la muerte y el horizonte de la libertad definen el habitar del hombre sobre la Tierra. La conciencia de la propia muerte no la tienen los animales; tampoco la conciencia moral y la libertad que ella implica.

Pero el cuidado por lo que existe no necesariamente involucra una utopía de la sobrevivencia *a outrance*.

En cualquier caso, la mantención de ese jardín natural no es gratis. Implica definir una institucionalidad que sistematice la toma

¹⁴ Esta decisión debe, por cierto, llevarse a cabo a través de un procedimiento legal justo, que contemple el pago de las indemnizaciones que correspondan.

de decisiones e importa sacrificios y costos económicos. Dicho todo esto y si la pregunta fuese aún más radical, ¿qué justifica nuestra preocupación por su existencia? ¿Por qué puede importar, por ejemplo, la preservación de un cierto paisaje o de una obra arquitectónica? La respuesta podría ser la de Emerson: «la belleza es su propia excusa para ser».

El gran desafío es que esa preocupación no haga sombra a nuestra libertad. También ella es frágil; y las costumbres e instituciones que la cautelan requieren también de nuestro cuidado. También de ella dependen la belleza y dignidad de nuestra vida.



Normas de calidad ambiental. Algunas consideraciones constitucionales y legales

María de los Angeles Pérez L.

María de los Angeles Pérez Abogado, Universidad de Chile. Master en Derecho, Universidad de California, Los Angeles (UCLA). Con la tesis: «El mundo en desarrollo en la preservación de la capa de ozono», la que se encuentra próxima a ser publicada. Actualmente trabaja en el Estudio Jurídico Claro y Cia.

1. Normas de calidad ambiental. Concepto y generalidades

En términos generales, las normas de calidad ambiental o estándares son cierto tipo de reglas que fijan la concentración o cantidad máxima en que un contaminante determinado puede estar presente en el medio ambiente sin causar efectos adversos a la salud y bienestar de la población.

Elas constituyen uno de los principales mecanismos de que dispone el Estado para tender paulatinamente al logro de los objetivos de calidad ambiental. En otras palabras, existiendo la voluntad política para establecerlas y aplicarlas, constituyen una de las herramientas más eficaces para lograr la implementación de la garantía constitucional consistente en vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Por lo tanto, si la sociedad chilena realmente quiere regular y disminuir la contaminación del medio ambiente, debe recurrir a ellas e incorporarlas, en la forma adecuada, a la legislación nacional.

El «Proyecto de Ley de Bases del Medio Ambiente»¹ define, en la letra k) del artículo N° 1, norma de calidad ambiental como:

aquella que establece los valores de las concentraciones máximas o mínimas permisibles de sustancias, cuya presencia o carencia pueda constituir un riesgo para la salud de la población, para la preservación, conservación, protección, restauración y mejora-

¹ Proyecto de ley enviado por el Presidente de la República al Congreso Nacional el día 14 de septiembre de 1992.

miento del medio ambiente y para la conservación del patrimonio ambiental.

De la definición transcrita se desprende que los estándares se clasifican en dos tipos fundamentales: primarios y secundarios.

Las normas de calidad ambiental de tipo primarias son aquellas establecidas con el fin de proteger la salud humana, y las secundarias son aquellas cuya finalidad es proteger el bienestar de la población. Estas últimas se refieren a los efectos de un contaminante determinado en la vegetación, visibilidad, plantaciones, materiales hechos por el hombre, animales, valores económicos y agrado o confort personal, fuera del bienestar de la población propiamente tal. En muchos casos las normas primarias y secundarias se establecen al mismo nivel.

2. Aspectos constitucionales

Una de las más importantes novedades de la Constitución Política de la República de 1980³ es el reconocimiento del derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. El inciso primero del N° 8 del artículo 19 textualmente establece:

Artículo 19.- La Constitución asegura a todas las personas: N° 8.- El derecho a vivir en //medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.⁴

El texto expuesto no se limita a la mera declaración de intenciones. Por el contrario, se establecen los mecanismos para garantizar la efectiva vigencia del derecho. La Constitución obliga al Estado a contar con los medios que sean necesarios para colocarlos al servicio de

² Artículo 1, letra k) del Proyecto de Ley de Bases del Medio Ambiente.

³ La Constitución Política de la República de Chile entró en vigencia el 11 de marzo de 1981.

⁴ Constitución Política de la República de Chile. Artículo 19 N° 8, inciso primero.



esta importante exigencia humana consistente en vivir en un medio ambiente lo más limpio posible.

Se encomienda al Estado velar por que el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación no sea vulnerado y tutelar la preservación del equilibrio ecológico natural. En otras palabras, el Estado está constitucionalmente obligado a tomar las medidas necesarias y conducentes al logro del objetivo mencionado. Para esto puede utilizar la plenitud de sus facultades administradoras, enmarcado su actuar de acuerdo a lo prescrito en otras disposiciones del mismo texto constitucional.

Pero el constituyente va aún más allá. El inciso segundo del mismo N° 8 del artículo 19 establece:

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.⁵

Esta disposición es el complemento indispensable de la garantía. Se pueden establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades con el objetivo de proteger el medio ambiente. Es claro que una acción como ésta debe adoptarse siempre que sea absolutamente necesaria, es decir, en aquellos casos en que no sería posible el logro de la finalidad de vivir en un medio ambiente libre de contaminación si no se restringiera el ejercicio de ciertos y determinados derechos y libertades. Sin embargo, la Constitución establece un requisito esencial: las restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos y libertades pueden ser establecidas exclusivamente *por medio de una ley*.⁶

El artículo 60 de la Constitución Política de la República enumera, a su vez, cuáles son las «materias de ley». El N° 2 establece como una de éstas «Las que la Constitución exija que sean reguladas

⁵ Constitución Política de la República de Chile. Artículo 19 N° 8, inciso segundo.

⁶ Por «ley» debe entenderse aquella norma jurídica producto de la labor legislativa del Congreso Nacional exclusivamente o en conjunto con el Poder Ejecutivo, en cuyo caso este poder del Estado actúa como «co-legislador». En este sentido, el concepto ley excluye a aquellas normas emanadas del Poder Ejecutivo.

por una ley».⁷ Nos queda claro, por lo tanto, que cualquier restricción al ejercicio de determinados derechos y libertades establecida con la finalidad de proteger al medio ambiente es materia de ley.

Pero el constituyente fue aún más cuidadoso. La restricción misma contemplada en la ley no puede ser «amplia». Por el contrario, ésta debe ser «específica» y relativa al ejercicio de «determinados derechos o libertades».

De acuerdo a la doctrina, lo expuesto significa que las normas legales deberán establecer, ellas mismas, las «restricciones concretas», nunca generales, a ciertos derechos, «sin que puedan delegar la especificación de las medidas que puedan adoptarse en otra autoridad». Esta (la autoridad administrativa) podrá implementar, llevar a la práctica o cumplir la preceptiva legal; «pero no podrá imponer por sí limitación alguna». El inciso segundo de este N° 8 de la Constitución es tan excepcional, que las normas de la ley que lo complementen tendrán que concebirse y tratarse siempre con criterio restrictivo.⁸

Las facultades que la norma constitucional entrega al legislador deben interpretarse con un sentido restrictivo y no genérico. El establecer restricciones específicas significa que el texto legal debe regular de manera precisa, particular y concreta en qué consisten tales restricciones, no estando permitido, por lo tanto, que el administrador haga esa determinación.

En lo que se refiere a los derechos susceptibles de ser restringidos, la limitación no puede afectar a cualquier derecho reconocido en la Constitución sino sólo a algunos. Tales derechos deben tener relación directa con el desarrollo de actividades que pueden contaminar. Nos parece que estos derechos son el de propiedad y el de poder desarrollar cualquier actividad económica. También es posible imponer algunas limitaciones o requisitos para la adquisición del dominio de algunos bienes y de su uso y goce.

En cuanto al derecho de propiedad, se pueden imponer limitaciones a su ejercicio, puesto que el N° 24 del artículo 19 del texto constitucional se refiere expresamente a esta posibilidad.

⁷ Constitución Política de la República de Chile. Artículo 60, N° 2.

⁸ Evans de la Cuadra, Enrique. «Los Derechos Constitucionales». Tomo II Editorial Jurídica de Chile, 1986, pp. 158-159.



Sólo la ley puede establecer el modo de adquirir la propiedad, de usar, gozar, y disponer de ella y las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Esta comprende cuanto exijan los intereses generales de la nación, la seguridad nacional, la utilidad y salubridad públicas y la conservación del patrimonio ambiental.⁹

En otras palabras, puede llegarse hasta la expropiación en la forma prevista en la Constitución si así lo exigiere la adecuada «conservación del patrimonio ambiental», pues ésta está comprendida dentro del concepto de «función social» de la propiedad, de acuerdo a lo establecido por el propio constituyente.

Al derecho a desarrollar cualquier actividad económica se refiere el artículo 19 N° 21, inciso 1°:

La Constitución asegura a todas las personas: N° 21. El derecho a desarrollar cualquier actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen.

A este respecto reviste especial interés la reciente sentencia del Tribunal Constitucional sobre Inconstitucionalidad del Decreto Supremo que prohíbe carteles en caminos públicos.¹⁰ En el considerando 11 de dicho fallo se establece:

11. Que, si bien es efectivo que el legislador haciendo uso de su facultad de «regular» puede establecer limitaciones y restricciones al derecho a desarrollar cualquier actividad económica, esta facultad no le corresponde al administrador, pues de acuerdo al texto constitucional, por el artículo 60, N° 2, que establece « sólo son materias de ley: las que la Constitución exija que sean reguladas por una ley», estas atribuciones están entregadas expresamente al legislador, al disponer el constituyente que el derecho a desarrollar una actividad económica se asegura «respetando las normas legales que la «regulen». En otras palabras, el constituyente entrega al legislador y no al administrador la facultad de disponer cómo deben realizarse las actividades económicas y a qué reglas deben someterse.

⁹ Constitución Política de la República de Chile. Artículo 24, inciso segundo.

¹⁰ Publicado en el *Diario Oficial* del 6 de mayo de 1992.

El artículo referente a las limitaciones o requisitos para la adquisición del dominio de algunos bienes y de su uso y goce es el 19, en su numerando 23, inciso segundo:

Una ley de quórum calificado y cuando así lo exija el interés nacional puede establecer limitaciones o requisitos para la adquisición del dominio de algunos bienes.

En opinión de don Enrique Evans, el legislador no está facultado para afectar otros derechos.¹¹ Aún más, si se dictara una ley que restringiera las garantías constitucionales que nada tienen que ver con las restricciones relativas al medio ambiente, es evidente que podría declararse su inaplicabilidad y la podría anular la Corte Suprema.¹²

Por último, como afirma don José Luis Cea, «la Carta Fundamental no consagra el derecho a vivir en un medio ambiente exento de toda contaminación. Lo que ella asegura es sólo el derecho a vivir en un medio ambiente libre de aquella contaminación que sea nociva para la vida o la salud del hombre, como asimismo dañina para el ecosistema en que él desenvuelve normalmente su existencia. Hay, por ende, conductas que contaminan y que, sin embargo, no infringen el derecho asegurado por la Constitución. Esta situación tiene lugar cuando una conducta legítima —verbo y gracia, la actividad empresarial minera y los procesos industriales vinculados a ella— provoca como secuela impurezas contaminantes imposibles de prevenir o eliminar por entero, a pesar de la diligencia y el cuidado aplicados para ello».¹³

¹¹ Id. nota 8.

¹² Id, nota 8, p. 161. Opinión de don Enrique Ortúzar Escobar, presidente de la Comisión de Estudio de la Nueva Constitución, Sesión 186.

¹³ Cea Egaña, José Luis, *Tratado de la Constitución de 1980. Características Generales Garantías Constitucionales*, Editorial Jurídica de Chile, 1988, p. 332. En el mismo sentido, el señor Cea cita en esta obra a don Pedro Gandolfo, quien se refiere a «las conductas dirigidas directa y principalmente a producir una transformación de la naturaleza con una motivación legítima, es decir, reconocida y amparada por el ordenamiento jurídico, porque obedece al natural derecho del hombre de servirse de la naturaleza. Por ejemplo (...), la empresa que explota una mina. En este caso, el ordenamiento jurídico no puede pretender la eliminación o prohibición de esas conductas, porque son legítimas y necesarias. Lo que el legislador hace aquí es reglamentarlas, estableciendo límites, modalidades y condiciones", p. 329

Por su naturaleza misma, una norma de calidad ambiental o estándar puede afectar, a lo menos, el derecho de propiedad y/o el derecho a desarrollar cualquier actividad económica. Como ya vimos, la Constitución faculta expresamente para limitar dichos derechos constitucionales con el objetivo o finalidad de resguardar la garantía constitucional consistente en «vivir en un ambiente libre de contaminación». Pero esto debe ser hecho exclusivamente en la forma que el mismo texto constitucional establece: por medio de una ley. Si no es así, la norma es inconstitucional.

De lo expuesto se deduce claramente que no es constitucional que la regulación y dictación de las normas de calidad ambiental quede entregada, en forma total, a la autoridad administrativa. Por lo menos los conceptos definitorios de estas normas y el establecimiento del proceso de generación de las mismas deben ser regulados por una ley.

3. Procedimiento para establecer una norma de calidad ambiental en los Estados Unidos de América

La Agencia para la Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Agency-EPA), agencia de la administración federal, es la institución encargada de la elaboración de las normas de calidad ambiental que rigen nacionalmente en los Estados Unidos. Ella fija las normas mínimas, pues las agencias ambientales estatales (en oposición a la EPA, que es una institución de tipo federal) pueden fijar estándares más rigurosos, si lo estiman conveniente. Tal es el caso del Estado de California, cuyas normas de calidad para el aire son más estrictas que las que fija la EPA, y las de la ciudad de Los Angeles, las más estrictas de todo el país. En California rigen las normas de calidad para el aire más estrictas del mundo.

Pero el marco del proceso dentro del cual puede desenvolverse la EPA para fijar las normas de calidad ambiental está establecido en la ley. En efecto, la ley que se refiere a esta materia es la llamada «Ley del Aire Limpio» (*Clean Air Act*), de 1970, y sus posteriores modificaciones (la modificación más importante fue el año 1991).

Las secciones más importantes de este texto son: la 107 (regiones en las que se establecerá control de calidad ambiental), 108 (criterios para controlar la calidad del aire y técnicas de control), 109 (normas de calidad ambiental para el aire propiamente tales), 110 (planes

de implementación), 111 (nuevas fuentes de emisión), 112 (normas de calidad ambiental para contaminantes peligrosos), 113 (cumplimiento y fiscalización Federal) y 114 (inspecciones y monitoreo).¹⁴

Tanto el legislador como la jurisprudencia (que en un sistema legal como el norteamericano, *common law*, tiene gran importancia pues «sienta precedentes», los que, a su vez, forman parte del derecho mismo) han establecido claros límites para que la EPA no actúe en forma «arbitraria y caprichosa» en la fijación de los estándares. Existe gran cantidad de legislación, tanto a nivel federal como estatal, y muchas y variadas sentencias de las 50 Cortes Estatales y de la Corte Suprema de los Estados Unidos, que no dejan el menor lugar a dudas: la EPA tiene un gran ámbito dentro del cual actuar, y dentro de ese ámbito goza de una gran libertad de acción pues es esencial que fije estándares aplicables pero rigurosos. Pero su acción debe ser enmarcada dentro de los procedimientos establecidos en la ley y los límites que le han impuesto los fallos de la Corte Suprema.

Muy similar es, en conjunto, la situación que respecto de este tema se presenta en las legislaciones de algunos países europeos, como es el caso de Inglaterra, Francia y Alemania. Aunque cada caso particular es diferente, siempre es el Congreso Nacional o Parlamento el que fija los límites al actuar del administrador. Nunca queda entregada la elaboración de la norma de calidad ambiental misma, sin límite alguno, a la autoridad administrativa.

4. La dictación de normas de calidad ambiental en Chile

a) Situación actual. Análisis crítico

No existe en la actualidad en Chile ningún procedimiento legal establecido para la fijación o determinación de una norma de calidad ambiental. Ellas son fijadas por la autoridad administrativa correspondiente, la que generalmente se encontrará radicada en el Ministerio de Salud, el Ministerio de Minería o el Ministerio de Agricultura, según sea el ámbito que deba ser regido por la misma. También es posible que en la dictación de la norma concurren más de un ministerio,

¹⁴ William H. Rodgers, «Handbook on Environmental Law», West Publishing Co., p. 216



como ocurrió en el caso del Decreto Supremo N° 185, del Ministerio de Minería, de 1991, que «Reglamenta Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en todo el Territorio de la República». Este decreto fue firmado por el Presidente de la República y los ministros de Minería, Agricultura (subrogante), Salud y Economía.

Analizaremos a continuación el caso de una de las últimas normas de calidad ambiental fijadas en nuestro país: la contenida en el Decreto N° 4 del Ministerio de Agricultura, publicado en el *Diario Oficial* de fecha 26 de mayo de 1992, que «Establece Normas de Calidad del Aire para Material Particulado Sedimentable en la Cuenca del Río Huasco, III Región» (en adelante, DS N° 4).

Este decreto establece una norma de calidad ambiental de tipo secundaria que fija los valores máximos permisibles para material particulado sedimentable y hierro en el material particulado sedimentable.¹⁵

Esta norma administrativa se basa en las siguientes disposiciones: artículo 11 del decreto N° 3.557, de 1980, del Ministerio de Agricultura; el artículo 7 del decreto N° 185, de 1991, del Ministerio de Minería; el N° 44, del artículo 1 del decreto 1.407, de 1991, del Ministerio del Interior; el N° 8 del artículo 19, el N° 8 del artículo 32 y en el artículo 35 de la Constitución Política de la República.¹⁶

Comenzaremos el análisis por los preceptos constitucionales. El artículo 19 N° 8, como lo estudiamos previamente, es el que consagra el derecho a vivir en un medio libre de contaminación y que establece, en su inciso segundo, que una ley podrá establecer restricciones al ejercicio de determinados derechos o libertades con el fin de proteger el medio ambiente.

El artículo 32 establece las atribuciones especiales del Presidente de la República. En el N° 8 incluye como una de ellas el:

Ejercer la potestad reglamentaria en todas aquellas materias que no sean propias del dominio legal, sin perjuicio de la facultad de

¹⁵ Artículo 4 del Decreto supremo N° 4, exento, del Ministerio de Agricultura, publicado en el *Diario Oficial* el 26 de mayo de 1992, que establece Normas de Calidad del Aire para Material Particulado Sedimentable en la Cuenca del Río Huasco, III Región.

¹⁶ Decreto Supremo N° 4 del Ministerio de Agricultura.

dictar los demás reglamentos, decretos e instrucciones que crea convenientes para la ejecución de las leyes.¹⁷

El artículo 35 establece el requisito formal consistente en que los reglamentos y decretos del Presidente de la República deberán firmarse por el Ministro respectivo.¹⁸

El resto de las normas en las que se fundamenta el DS N° 4 son de menor jerarquía, pero no por ello menos importantes. El N° 44 del artículo 1 del decreto 1.407, del Ministerio del Interior, faculta al Ministro respectivo para que firme los decretos por orden del Presidente de la República, sin que sea necesaria la concurrencia del mismo, cosa que ocurre en el caso del decreto que analizamos. Fue firmado por el Ministro de Agricultura, don Juan Agustín Figueroa Yávar, por orden del Presidente de la República.

Pero los textos que más nos interesan en nuestro análisis, fuera de los constitucionales, son aquellos contenidos en las dos normas restantes. El artículo 7 del decreto N° 185, de 1991, del Ministerio de Minería y el artículo N° 11 del decreto N° 3.557, de 1980, del Ministerio de Agricultura.

El decreto N° 185, publicado en el *Diario Oficial* del 16 de enero de 1992, «Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en todo el Territorio de la República.» El artículo N° 7 establece:

Con el objetivo establecido en el Artículo precedente, la Comisión Interministerial establecida en el Título VE de este Decreto, podrá proponer al Ministerio de Agricultura normas secundarias de calidad ambiental para material particulado sedimentable que regirá en las áreas con actividad silvoagropecuaria o recursos naturales renovables que considerará:

- a) Material particulado sedimentable en su concentración máxima permisible, y

¹⁷ Artículo 32, N° 8 de la Constitución Política de la República de Chile.

¹⁸ «Los reglamentos y decretos del Presidente de la República deberán firmarse por el Ministro respectivo y no serán obedecidos sin este esencial requisito. Los decretos e instrucciones podrán expedirse con la sola firma del Ministro respectivo, por orden del Presidente de la República, en conformidad a las normas que al efecto establezca la ley».

- b) La concentración de elementos químicos en el material particulado sedimentable como concentración máxima permisible.

Esta norma, la localización de su aplicación y los procedimientos para su medición serán establecidos por Decreto Supremo del Ministerio de Agricultura».¹⁹

Por último, la norma que nos preocupa se sustenta también, y de manera esencial, en el artículo 11 del Decreto Ley N° 3.557, de 1980, del Ministerio de Agricultura, publicado en el *Diario Oficial* del 9 de febrero de 1981. Esta disposición establece:

Los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, deberán adoptar oportunamente las medidas técnicas y prácticas que sean procedentes a fin de evitar o impedir la contaminación. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, dichas empresas estarán obligadas a tomar las medidas tendientes a evitar o impedir la contaminación que fije el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso, el cual deberá fijar un plazo prudencial para la ejecución de las obras.

En casos calificados, el Presidente de la República podrá ordenar la paralización total o parcial de las actividades y empresas artesanales, industriales, fabriles y mineras que lancen al aire humos, polvos o gases, que vacíen productos y residuos en las aguas, cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o se causa daño a la salud, vida, integridad o desarrollo de los vegetales o animales».²⁰

Este Decreto Ley N° 3.557 se dictó y entró en vigencia antes de que comenzara a regir la Constitución de 1980, lo que significa que tiene el mismo *status* y valor que una ley. Es equiparable a una ley para todos los efectos.

¹⁹ Artículo 7, decreto N° 185, de 1991, del Ministerio de Minería.

²⁰ Artículo 11, Decreto Ley N° 3.557, de 1980, del Ministerio de Agricultura.

En este caso «la ley», en los términos a que se refiere el artículo 19, N° 8 inciso segundo de la Constitución Política de la República²¹ está constituida, precisamente, por este Decreto Ley N° 3.557. Además, de todas las normas en que se basa el DS N° 4 de Agricultura, es la única que tiene el carácter de «ley».

Como ya analizamos anteriormente, el inciso segundo del N° 8 del artículo 19 de la Constitución Política de la República nos dice que la ley podrá establecer «restricciones específicas» al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.

Por lo tanto, las restricciones establecidas en el Decreto Ley N° 3.557 deben ser «específicas» y referirse al ejercicio de «determinados derechos y libertades».

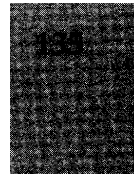
El Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia, define la palabra «específico(a)»: «que caracteriza y distingue una especie de otra.» Por lo tanto, y como lo afirmáramos previamente, el texto legal debe regular *de manera precisa, particular y concreta en qué consisten tales restricciones*. No está permitido al administrador hacer esta determinación.

Pero no basta que las restricciones sean simplemente específicas. La especificidad debe referirse a determinados derechos y libertades. El mismo diccionario define la palabra «determinado(a)» como «señalar, fijar una cosa para algún efecto.» Es decir, el texto legal debe señalar, de la forma que al legislador le parezca más adecuada, *los derechos o libertades que serán restringidos, y la forma en que ello ocurrirá*.

Si las definiciones expuestas no esclarecieran del todo la situación, aún podemos recurrir a la historia fidedigna del establecimiento de la norma constitucional, es decir, a las Actas de las Sesiones de la Constitución. Los párrafos que a continuación se transcriben han sido extractados del libro de don Enrique Evans de la Cuadra titulado «Los Derechos Constitucionales.»

El señor Guzmán indica que él sugiere simplemente lo siguiente: el señor Evans enfatizó el valor de la palabra «determinadas», y le dio todavía el alcance de que se trata de restricciones específicas. En esa perspectiva, ¿no podría ser más adecuado decir que «la ley

²¹ «La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.»



podrá establecer restricciones específicas» al ejercicio de algunos derechos y libertades para proteger el medio ambiente?

El señor Evans dice no tener inconveniente.

El señor Guzmán agrega que ello adquiere más fuerza, porque la palabra «determinadas» lo precisa.

El señor Silva Bascuñán es partidario de colocar los dos términos: «determinadas y específicas».

El señor Diez acota que «específicas es más limitada que determinadas y específicas»

El señor Guzmán considera que las restricciones, al ser específicas, no pueden ser indeterminadas, porque nada específico puede ser indeterminado.

El señor Ortúzar (Presidente) manifiesta que, si le parece a la Comisión, se aprobaría la proposición del señor Guzmán, y el inciso quedaría redactado en los siguientes términos: «La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de algunos derechos o libertades para proteger el medio ambiente».

«Aprobado».²²

De lo expuesto se infiere que la ley que, con el propósito de proteger el medio ambiente, establezca restricciones a algunos derechos o libertades, debe hacerlo en la forma prescrita: esto es, *específica y determinadamente*.

El punto fundamental de nuestro análisis radica en determinar si el artículo 11 del Decreto Ley 3.557 cumple con los requisitos exigidos por el inciso segundo del N° 8 del artículo 19 de la Constitución Política de la República. La sección esencial del texto en estudio es aquella contemplada en el inciso segundo del artículo 11, el que establece que «Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, *dichas empresas estarán obligadas a tomar las medidas tendientes a evitar o impedir la contaminación que fije el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso, el cual deberá fijar un plazo prudencial para la ejecución de las obras*».

A nuestro juicio el texto transcrito no cumple con las estrictas exigencias de la Constitución Política de la República. No se establece restricción específica alguna ni determina el o los derechos o libertades que se verán afectados por la o las medidas que se adopten. La

²² Id. nota 8, pp. 161-162

restricción propiamente tal está constituida por el hecho de que las empresas aludidas están obligadas a tomar medidas tendientes a evitar o impedir la contaminación que determine el administrador.

¿Cuál o cuáles son los derechos o libertades cuyo ejercicio se restringe? ¿Cómo, específicamente, se puede restringir el ejercicio de el o los derechos o libertades afectados por la medida que contempla el decreto ley? ¿Se puede restringir solamente el ejercicio del derecho a desarrollar cualquiera actividad económica²³ o puede también restringirse el «ejercicio» del derecho de propiedad²⁴?

¿Qué debe entenderse, exactamente, por «evitar o impedir la contaminación que fije el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública»? Debe hacerse notar que no se ofrece a las empresas la posibilidad de disminuir, aminorar o reducir la contaminación. Evitar o impedir son términos absolutos, que no aceptan la existencia de ninguna contaminación «que fije el Presidente de la República».

En nuestra opinión, el artículo 11 del Decreto Ley 3.557, texto en el cual se basa el DS N° 4, del Ministerio de Agricultura, no cumple con las exigencias constitucionales a que tantas veces hemos hecho referencia.

Nos parece, por lo tanto, que el mencionado artículo 11 del DL 3.557, por no compadecerse con la norma constitucional, no puede servir de fundamento al DS N° 4 de Agricultura, ni a ningún otro que pretenda fijar o establecer normas de calidad ambiental o que pretenda proteger el medio ambiente de cualquiera forma.

Siendo el artículo 11 del DL en cuestión la *única norma de carácter legal* en la que el DS N° 4 de Agricultura se fundamenta, y careciendo dicho artículo, a nuestro juicio, de la constitucionalidad necesaria para el efecto, nos encontramos frente a un Decreto Supremo que se fundamenta exclusivamente en normas de tipo constitucional y administrativa, faltando la indispensable norma de tipo legal exigida por la Constitución que le dé facultad para actuar al Poder Ejecutivo. Dicho DS N° 4 podría ser, por lo tanto, inconstitucional.

Cabe hacer notar que este DS N° 4 es «exento», lo que significa que se omitió el trámite de «toma de razón» por parte de la

²³ Artículo 19, número 21 de la Constitución Política de la República.

²⁴ Artículo 19, número 24 de la Constitución Política de la República.



Contrataría General de la República. Es decir, dicha institución no analizó la constitucionalidad y legalidad del mismo.

- b) Disposiciones que contempla el Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente respecto de las normas de calidad ambiental

Como expresáramos al inicio de este trabajo, el artículo 1 del Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente define, en la letra k), lo que debe entenderse por una norma de calidad ambiental.

El Párrafo 3° del proyecto de ley se refiere específicamente a los estándares y se denomina «De las Normas de Calidad, Protección, Preservación y Conservación Ambientales».

El artículo 24, primero de dicho párrafo, establece textualmente:

Con el objeto de velar por la protección y preservación del medio ambiente, la conservación del patrimonio ambiental, la existencia de un medio ambiente libre de contaminación, y la salud y calidad de vida de la población, el Presidente de la República, mediante decreto supremo, establecerá normas de calidad, protección, preservación y conservación relativas a los componentes básicos del medio ambiente.

Un reglamento establecerá los procedimientos a seguir para la dictación de normas de calidad, protección, preservación y conservación ambientales, los que deberán contemplar una adecuada publicidad de sus contenidos, etapas y plazos.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente deberá facilitar y coordinar la proposición de las normas a que se refiere el presente artículo».²⁵

Más adelante, el artículo 25 establece:

Toda emisión, depósito o infiltración de sustancias o materiales susceptibles de deteriorar la calidad de los suelos, aire y aguas o de afectar la salud de las personas, quedarán sujetos a las normas de calidad ambiental relativas a estos elementos, que dictarán

²⁵ Artículo 24 del Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente.

para tal efecto los organismos competentes, coordinados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.²⁶

Nos parece que no caben dudas con respecto a que una norma de calidad ambiental establece restricciones al ejercicio del derecho a desarrollar cualquier actividad económica, en los términos establecidos en el N° 21 del artículo 19 de la Constitución Política de la República, y puede establecer restricciones al ejercicio del derecho de propiedad. Siendo así, estimamos que, al menos los criterios fundamentales y directrices esenciales del proceso del cual emanarán las normas de calidad ambiental, deben ser establecidos en una ley aprobada por el Congreso Nacional. Los estándares mismos podrían ser dictados mediante decreto supremo, pero los procedimientos a seguir no pueden ser materia de un reglamento, como lo establece el inciso segundo del artículo 24, antes transcrito.

El proyecto de ley que analizamos deja entregada la elaboración total de las normas de calidad ambiental al Poder Ejecutivo. Si el texto se mantiene, en definitiva, en la forma analizada, no se produciría ningún cambio respecto de la situación actual. Las normas seguirían siendo elaboradas y dictadas por la autoridad administrativa sin la requerida limitación que debe imponer el legislador.

En la legislación chilena existen ejemplos claros en que el legislador ha cumplido cabalmente con el mandato del inciso segundo del N° 8 del artículo 19 de la Constitución Política de la República. Tal es el caso de la nueva Ley de Pesca,²⁷ en la que al establecer, en el Párrafo 1° del Título II, las «Facultades de Conservación de los Recursos Hidrobiológicos», restringe ciertos derechos individuales, pero ello lo hace respetando plenamente la exigencia constitucional.²⁸

En el mismo Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente existe un claro ejemplo de cumplimiento del inciso segundo del N° 8 del artículo 19 de la Constitución. Lo constituye el artículo 34 que, aunque inconstitucional a nuestro juicio por otros motivos, cumple plenamente con las exigencias de determinación de los derechos afectados y especificidad requerida.

²⁶ Artículo 25 del Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente.

²⁷ Ley de Pesca, publicada en el *Diario Oficial* del 23 de diciembre de 1989.

²⁸ Véanse artículos 3, 4, 5 y 6 de la Ley de Pesca.

Conclusiones

Una de las más importantes causas que motivan la existencia de una Constitución Política es el establecimiento de los denominados «derechos fundamentales» formados por el régimen de garantías, derechos y libertades individuales que se reconocen a todos y cada uno de los miembros de la comunidad nacional. Ellos existen, fundamentalmente, para limitar el poder de la autoridad sobre los individuos. Es por esta razón que el constituyente no entrega (ni puede entregar) al legislador un poder amplio para limitar o restringir dichas garantías. Si no puede hacerlo el legislador, mucho menos puede el administrador, cuya labor esencial es hacer ejecutar las leyes.

La mayoría de los integrantes de la sociedad están en favor de la existencia de un medio ambiente limpio. Prácticamente todos quisiéramos tener éxito en la tarea de limpiar la naturaleza y el entorno en que vivimos. Pero la única forma de lograr esta meta o de acercarse a ella lo más posible es respetando, en el proceso, los derechos de las personas. Si con la finalidad de lograr un medio ambiente más limpio se sobrepasa la normativa constitucional, el proceso se entrabará, alargará y encarecerá enormemente con el consiguiente perjuicio para la sociedad y los individuos que la forman. En definitiva, lo que realmente estaremos haciendo es alejarnos de nuestra finalidad creando, de paso, un enfrentamiento entre diversos e importantes núcleos de la sociedad.

Está claro que las normas de calidad ambiental deben ser establecidas por la autoridad administrativa. Pero, al menos los lineamientos fundamentales del procedimiento por medio del cual se elaborará una norma de calidad ambiental deben ser establecidos por ley. No es esto lo que ocurre actualmente ni lo que propone el Proyecto de Ley Bases del Medio Ambiente enviado hace algunos meses al Congreso.

Nos parece que la ley debe fijar ciertos límites mínimos al procedimiento para dictar dichas normas. Estos deben ser de dos tipos: técnicos y legales propiamente tales. Dentro del primer grupo nos parecen importantes criterios tales como:

- Anuncio público del inicio del proceso, del plazo para su término y alguna forma de invitación a participar a interesados;

- Una entidad donde se realice el debate referente a la norma y se emita un parecer técnico;
- Consultas obligatorias a los organismos y entidades interesados y afectados, publicados y privados, sobre el parecer técnico;
- Dictación de la norma mediante Decreto Supremo del ministerio respectivo identificando al Servicio encargado de la fiscalización;
- Un mecanismo para solicitar la dictación de una norma nueva o la revisión de una existente;
- Algunos criterios técnicos básicos o esenciales que no podrían ser sobrepasados en el proceso de elaboración mismo.

Pero esto no es suficiente. Para dar cabal cumplimiento a la Constitución Política de la República, el legislador debe establecer, como lo hemos repetido tantas veces, los derechos o garantías que serán o podrán ser restringidos o limitados por las normas de calidad ambiental y, específicamente, cómo pueden efectuarse dichas restricciones.

La ecología humana

Pedro Morandé

SÍNTESIS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE
REALIZADA EL 11 DE MARZO DE 1992

El problema de la contaminación ambiental se inscribe en el ámbito de la sociología de la cultura. El hombre no debe ser el sujeto de referencia de la contaminación; ésta es intrínseca a la cultura humana. Todos los hombres contaminan, por lo que la contaminación no puede ser resuelta, sólo puede ser manejada. En la última encíclica de la Iglesia Católica, se habla de una «ecología humana», de una ecología del trabajo humano.

¿Cuáles son los elementos sustantivos de una ecología humana?

En primer lugar, el hombre debe ganarse la vida, y la finalidad de esta actividad es la «sobrevivencia».

En segundo lugar, la vida debe tener un sentido; el hombre debe darle un sentido a su vida; en otras palabras, debe preguntarse por qué vale la pena sobrevivir; cómo se gasta la vida, en qué se «dilapida» la vida del hombre.

En tercer lugar, la «cultura», que representa la búsqueda del hombre entre sobrevivir y «gastar»; la tensión entre vivir y entregar la vida.

En cuanto a esto último, en la cultura actual aparece como «ético» sólo la sobrevivencia; lo valórico radicaría exclusivamente en sobrevivir. Sin embargo, esto no bastaría, no parece suficiente, pues también hay valores en el ámbito de la «dilapidación». Es necesario ir más allá de la sobrevivencia, pues ésta no es el resorte último de lo ético; la vida no es lo más alto en los valores; los valores más altos pueden estar en la «verdad» o en la «libertad».

La trampa actual consiste en que «sobrevivencia» y «cali-

dad de vida» se han confundido en una sola variable, pues la «calidad de vida» es considerada como más cantidad de la variable que conforma la sobrevivencia.

En realidad, «la calidad de vida» es la respuesta a la pregunta de ¿en qué se gasta la vida? No es el problema de la sobrevivencia. Pero ambas variables interactúan.

La base de la continuidad ecológica en las sociedades no puede ser el horizonte de la vida humana individual; debe ser la sobrevivencia de la cultura a nivel transgeneracional. La noción de «gasto» no es exclusiva de los sectores sociales altos o de los países que tienen mayores recursos económicos. Es una noción muy enraizada en los sectores populares y también en las sociedades arcaicas. En consecuencia, hay una responsabilidad colectiva.

En tales condiciones, el tema de la relación entre estándares para evitar la contaminación o disminuirla y los valores debe ser planteado tanto en términos éticos como científicos. Ambos son necesarios y el equilibrio que debe existir entre tales términos es una respuesta social valórica.

Así, el problema de la sobrevivencia es el de la cantidad de vida; esto conduce a la respuesta técnica, no a la respuesta cultural, a pesar de que se quiere hacer aparecer a la primera como esta última. La respuesta cultural llega cuando nos preguntamos por la «calidad de vida». En la tradición cristiana, por ejemplo, hay valores superiores a la vida (amor, caridad).

Se puede decir que la degradación social precede a la degradación del medio ambiente. Desde la perspectiva de la sobrevivencia no existe verdadera preocupación por las generaciones futuras; el horizonte temporal en que el hombre se preocupa de las restantes generaciones no excede de tres en general.

Sin embargo, dado que el hombre tiene cultura, se hace la pregunta acerca de la sobrevivencia de las generaciones futuras. Por ello las culturas arcaicas rendían culto a los muertos; la preocupación por los muertos enseña a preocuparse por las generaciones futuras. El ser humano vive inmerso en una dimensión cultural que le permite preguntarse cómo vivo para que mis descendientes vivan; existe entonces una preocupación calificada por los descendientes. Por ende, el hombre también limita o regula su crecimiento en aras de las generaciones posteriores, demostrando de paso que la dimensión cultural también tiene una eficacia inmediata, y que ésta no es exclusiva de la dimensión técnica.



Introducción

José Miguel Sánchez C.

I. Introducción

La elección de instrumentos para la regulación ambiental se ha convertido en un tema de gran importancia para los encargados de las políticas medioambientales, tanto en nuestro país como en otras partes del mundo. La búsqueda de instrumentos eficientes ha motivado un renovado interés por el uso de incentivos económicos en la protección ambiental. Un reflejo de ello es el caudal de literatura que ha aparecido sobre este tema en los últimos años.¹

En este trabajo se recogen las principales lecciones que surgen de esta literatura y que pueden ser relevantes para el diseño y aplicación de políticas efectivas en materias de medio ambiente en nuestro país.

¹ Véase por ejemplo, The World Bank, «World Development Report, Development and the Environment», Oxford University Press, mayo 1992, capítulo 3; Robert Hahn y Robert Stavins, «Economic Incentives for Environmental Protection: Integrating Theory and Practice», *American Economic Review*, mayo 1992; Hahn «Economic Prescriptions for Environmental Problems: How the Patient Followed the Doctor's Orders», *Journal of Economic Perspectives*, volumen 3, número 2, primavera 1989; Robert Hahn, y Cordón Hester, «Marketable Permits: Lessons for Theory and Practice», *Ecology Law Quarterly*, volumen 16, 1989; Maureen Cropper y Wallace Oates, «Environmental Economics: A Survey», *Journal of Economic Literature*, junio 1992; Gunnar Eskeland y Emmanuel Jiménez «Policy Instruments for Pollution Control in Developing Countries», *The World Bank Research Observer*, volumen 7, número 2, julio 1992; Jardee Bernstein «Alternative Approaches to Pollution Control and Waste Management: Regulatory and Economic Instruments», Urban Management Program Discussion Paper Series, abril 1991; José Miguel Sánchez, «Aspectos Económicos de la Política de Control y Fiscalización de las Fuentes Fijas», CEPAL, diciembre.1990.

Los principios básicos de la economía ambiental se encuentran en la teoría de las externalidades. De acuerdo a Baumol y Oates, existe una externalidad cuando el bienestar de un individuo o la tecnología de una firma dependen de variables físicas (no monetarias) cuyos valores son determinados por otros agentes (personas, firmas, gobierno, etc.) y sin que éstos se preocupen del bienestar de los primeros al hacerlo.²

La contaminación ambiental es un ejemplo de una externalidad negativa. Corresponde a una situación en que los costos privados de una cierta actividad difieren de los costos sociales debido a que ella impone un costo o una pérdida de bienestar a otro agente y al hacerlo no lo considera en sus decisiones.

Típicamente, la razón última para la ocurrencia de este tipo de situaciones es la existencia de un recurso escaso, por ejemplo el aire limpio, sobre el cual no hay derechos de propiedad definidos. En consecuencia, las firmas y los consumidores no consideran su costo al momento de tomar sus decisiones de consumo y de producción.

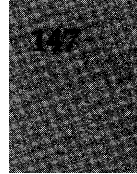
Si la externalidad negativa está asociada a la producción de un bien, en un mercado competitivo se producirá «demasiado» de él comparado con el nivel de producción socialmente óptimo.

Si la externalidad negativa está asociada al consumo de un bien, en un mercado competitivo se consumirá «demasiado» de él comparado con el nivel de consumo socialmente óptimo.

El óptimo social, tanto en producción como en consumo, se obtiene de comparar los costos marginales sociales de una actividad que produce una externalidad con sus beneficios sociales.

Del análisis de las externalidades se obtienen una serie de conclusiones que son de interés para el tema de la elección de instrumentos de regulación ambiental. Primero, el monto óptimo de contaminación, en general, no es cero. La comparación de los costos sociales y los beneficios sociales puede llevar a que sea socialmente óptimo producir una cantidad mayor que cero de un bien que causa una externalidad negativa, lo que conlleva un nivel de contaminación mayor que cero. El nivel de contaminación óptimo será cero sólo si el beneficio marginal social asociado a la producción del bien que causa la contaminación es

² William Baumol y Wallace Oates, *The Theory of Environmental Policy*, segunda edición, Cambridge University Press, 1988.



cero, es decir, si la sociedad lo valora en cero o si el daño marginal o costo social de la contaminación es infinito.

La segunda conclusión del análisis es una implicancia de política económica. Los agentes causantes de la externalidad negativa deben enfrentar un «precio» igual al daño marginal causado por sus actividades contaminantes para inducirlos a internalizar el costo completo de sus acciones.

La pregunta que surge es si tal incentivo de precio requiere o no la intervención de una autoridad reguladora.

Existen casos en que se puede argumentar que la solución de las externalidades podría lograrse en forma privada, dejando que las partes negocien entre sí. Un ejemplo de este tipo de solución se da cuando los agentes involucrados en un problema de contaminación se fusionan. De esta manera, se proveen todos los incentivos para que las partes consideren los costos externos. Por su naturaleza, las fusiones sólo tienen sentido cuando se trata de externalidades en que participan un número pequeño de agentes como sería, por ejemplo, el caso de dos firmas productivas que comparten la cuenca de un río.

También en esta línea de argumentación, Coase sostiene que, en ausencia de costos de transacción, sólo se requiere que los derechos de propiedad sobre un recurso estén definidos para que se logre el monto óptimo (en un sentido de eficiencia) de contaminación sin necesidad de que la autoridad intervenga más que para proteger los derechos de propiedad.³ Sin embargo, es interesante, que el resultado se logrará independientemente de a quién se le asignen los derechos iniciales. En cualquier caso, las negociaciones entre las partes involucradas las obligará a considerar los costos que sus acciones imponen sobre los demás.

Para la gran mayoría de los problemas de contaminación ambiental estas soluciones negociadas son, sin embargo, no factibles por el elevado número de agentes que están afectados directamente. Los costos de transacción entre las partes hacen, por consiguiente, prohibitiva cualquier solución basada en negociaciones privadas entre los agentes.

Por esta *razón*, en general, se requiere algún grado de inter-

³ Véase Ronald Coase, «The Problem of Social Cost», *Journal of Law and Economics III*, octubre 1960.

vinción por parte de la autoridad para solucionar problemas de externalidades ambientales.

Una de estas formas de intervención es la sugerida por Pigou en los años 20 y que consiste en cobrar al agente contaminante un impuesto igual al daño marginal causado por la contaminación.

Es interesante notar que bajo un esquema de impuestos pigouvianos, no se debe compensar a las víctimas de la contaminación para lograr el objetivo de eficiencia. El argumento es uno de distorsión de incentivos. Las víctimas disponen, generalmente, de una serie de maneras de evitar o reducir los daños que sufren. La compensación de las víctimas va contra la eficiencia económica porque reduce los incentivos para que éstas se protejan de la contaminación cuando esto sea lo más económico desde el punto de vista de la sociedad. Además, existe un problema dinámico. La compensación de las víctimas puede incentivar a que otros agentes se conviertan en víctimas. Por estas razones, la prescripción «pigouviana» no considera incentivos adicionales para las víctimas de externalidades negativas.

Además de los impuestos «pigouvianos», existe una serie de otros instrumentos de regulación para tratar problemas de externalidades ambientales y cada uno de ellos implica distintos grados de intervención por parte de la autoridad.

La pregunta que sigue es entonces ¿cuál es la mejor manera de solucionar estos problemas de externalidades? En la siguiente sección se revisan los instrumentos que están disponibles, sus características y la experiencia que existe con respecto de su aplicación.

II. La selección de instrumentos para la protección ambiental

Las principales conclusiones que surgen de la sección anterior son: a) si se quiere lograr una solución óptima para una externalidad negativa, se debe buscar una forma para que los agentes contaminadores asuman el costo completo de sus acciones, y b) hay distintas formas de hacerlo.

En la práctica, cualquier instrumento que se quiera aplicar para lograr la optimalidad económica importa grandes necesidades de información. En particular, se requiere conocer las funciones de daño marginal de la contaminación, lo que constituye una barrera formidable para el regulador por la complejidad de los fenómenos y sus interrelaciones y la dificultad que representa su estimación.

Por este motivo en la elección de instrumentos, en general,



no se intenta alcanzar un óptimo ni corregir totalmente el problema de la externalidad. Se adopta en cambio, un proceso en dos etapas. En la primera, se determina un objetivo o una meta ambiental en función de criterios tales como la salud de la población, la protección de ecosistemas, etc.. En la segunda etapa, se busca el «mejor» instrumento para lograr estos objetivos predeterminados.

Desde el punto de vista económico los criterios más importantes para definir el «mejor» son los de eficiencia y equidad.

El primero es, básicamente, un criterio de mínimo costo total, definido en forma amplia.

a) El criterio de mínimo costo total

Este criterio corresponde a minimizar la suma de los costos de abatimiento por parte de las fuentes y el costo de administración, fiscalización y control por parte de las autoridades regulatorias, tanto desde una perspectiva estática como dinámica.

Con respecto a la minimización del costo de abatimiento por parte de las fuentes desde una perspectiva estática, el criterio se refiere a alcanzar el objetivo deseado al mínimo costo posible. Esto es lo que se denomina costo-efectividad de la política. La definición de costo-efectividad que se emplee dependerá del tipo de contaminación que se esté considerando. Si los contaminantes tienen la propiedad que el daño que causan depende del monto total de emisiones y no de la ubicación geográfica de las fuentes de contaminación, el concepto de costo-efectividad relevante es el mínimo costo de alcanzar una reducción dada de las emisiones. El objetivo a ser alcanzado en este caso lo define la autoridad en términos de la cantidad total de emisiones.

Si, en cambio, los daños asociados con la contaminación no sólo dependen del volumen total de las emisiones sino que además dependen de la ubicación de las fuentes de emisión, el criterio de costo-efectividad necesita ser modificado. En este caso, la función objetivo está definida en términos de la concentración de contaminantes en el receptor en un momento en el tiempo. Costo-efectividad se define entonces, como el mínimo costo de alcanzar los estándares (concentraciones) ambientales predeterminados en los puntos de recepción.⁴

⁴ Véase Baumol y Gates *op. cit.*, Thomas Tietenberg «Emissions Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy», Washington, D.C.: Resources for the Future, 1985.

El criterio de mínimo costo debe también entenderse en un sentido dinámico. La pregunta es si el instrumento incentiva la adopción permanente de nuevas tecnologías que reduzcan la contaminación, de manera que en todo momento sea cierto que se está logrando el objetivo ambiental al mínimo costo posible. Si es cierto que cada agente productivo es quien mejor conoce su negocio, entonces será preferible utilizar instrumentos flexibles donde cada agente pueda adoptar las nuevas tecnologías mediante sus acciones descentralizadas sin que se requiera que la autoridad intervenga. La ventaja de una mayor flexibilidad viene del ahorro en requerimientos de información y por lo tanto en los costos que esto implica.

Con respecto al costo de administración, fiscalización y control del instrumento, que puede ser un componente no trivial del costo total, está, en general, en directa relación con las necesidades de información, monitoreo y administración del mismo. Estas necesidades, a su vez, están influidas por el número de fuentes que se desea regular.

b) Criterios distributivos

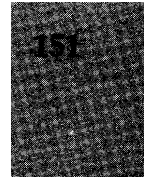
Los aspectos distributivos de los instrumentos son de gran importancia debido a que su elección conlleva una cierta asignación de costos y beneficios entre los distintos miembros de la sociedad

Por otra parte, la adopción del principio «el que contamina paga» tiene implicancias no sólo distributivas al determinar quién soporta los costos de descontaminar, sino que también tiene implicancias en términos de eficiencia al constituir un desincentivo a las actividades contaminantes. Por ejemplo, la adopción del principio significa que instrumentos tales como los subsidios por descontaminar no podrían ser empleados.

III. Instrumentos

a) Impuestos o cargos por emisión

La idea de usar impuestos o cargos por emisión viene de la prescripción pigouviana. La autoridad determina una tasa de impuesto por unidad emitida y los agentes económicos deciden cuánto emitir.



Cada fuente paga un impuesto total igual a la tasa de impuesto multiplicada por la cantidad total emitida.

Los impuestos por emisión pueden lograr una reducción dada de emisiones de manera costo-efectiva. La razón es que una fuente que minimiza costos reducirá sus emisiones en respuesta al impuesto hasta el punto en que el costo marginal de reducirlas es igual al impuesto. Si todas las fuentes en un área están sujetas al mismo impuesto, sus costos marginales de abatimiento se igualarán, lo que implica que se está minimizando el costo de lograr una reducción dada de las emisiones. En otras palabras, es imposible reducir el costo total reasignando las tareas de reducción de emisiones entre las fuentes.

Desde una perspectiva dinámica, los impuestos proveen los incentivos correctos. Si la fuente debe pagar por las emisiones que no controla, tendrá incentivos para ir adoptando tecnologías que las reduzcan a medida que éstas se vayan haciendo disponibles.

Una desventaja práctica de los impuestos por emisión es que se debe encontrar la tasa de impuesto consistente con el objetivo deseado de calidad ambiental. Sin el conocimiento de las curvas de costo de abatimiento de las firmas, esto sólo puede hacerse mediante un proceso de prueba y error. Si la tasa de impuesto es muy baja, la contaminación sobrepasará los niveles permisibles. Si la tasa de impuesto es muy alta, se estarán restringiendo las emisiones más de lo necesario. Los costos de estos procesos de determinación de la tasa adecuada de impuesto, pueden ser importantes para las firmas, toda vez que éstas pueden tener que realizar inversiones irrecuperables para adecuarse a un impuesto que posteriormente podría ser modificado. La situación es más compleja cuando los efectos de las emisiones sobre la calidad ambiental en un punto de recepción dependen no sólo de las emisiones de cada fuente sino que además de su ubicación geográfica y del momento en el tiempo en que ocurren. En este caso, se deben determinar tasas de impuestos por emisión distintas para cada fuente, que consideren la diferenciación espacial y temporal.

Con respecto a los costos de monitoreo de las emisiones, necesarios para determinar los pagos de impuesto correspondientes, lo relevante es compararlos con los costos de monitoreo bajo instrumentos alternativos tales como la regulación o los permisos de emisión transables.

Desde el punto de vista distributivo, los impuestos tienen la ventaja de servir para recaudar fondos, los cuales pueden ser usados, por ejemplo, para financiar mejoras ambientales o redes de monitoreo.

Por otra parte, implican un aumento de la carga tributaria para las fuentes emisoras.

En la práctica,⁵ los impuestos o cargos por emisión se han usado principalmente en Europa (Francia, Alemania y Holanda) para tratar problemas de contaminación de aguas. Sin embargo, la principal motivación para imponer impuestos por emisión ha sido la de recaudar fondos para proyectos ambientales y no el proveer los incentivos correctos para los contaminadores. De hecho, los cargos han sido relativamente bajos y no han estado relacionados con el comportamiento de las fuentes contaminantes.

b) Tarifas al usuario

Un instrumento que se ha empleado bastante, sobre todo en el caso de contaminación de aguas, son los cargos o tarifas al usuario. Consisten en el cobro que se hace por uso de algún bien de uso colectivo y que se determina principalmente en función de los costos que importa ese bien. Por ejemplo, su empleo más frecuente se encuentra en los casos de los cargos por el tratamiento de aguas servidas donde el costo de tratamiento de las aguas se cobra a todos los que descargan aguas servidas a la red pública de alcantarillado.⁶ Con este pago se compensa a la propietaria de la red y de las plantas de tratamiento de aguas, por el costo que tiene tratar las aguas. Además, si el cargo está relacionado con la cantidad y calidad de las descargas, servirá de incentivo económico para que los agentes consideren el costo de sus acciones en sus decisiones.

Otro ejemplo de aplicación de cargos al usuario se encuentra en la tarificación por el uso de vías.

En general, los cargos al usuario no tienen la pretensión de corregir el problema de las externalidades corrigiendo los incentivos que enfrentan los agentes sino que recuperar los costos en que se incurre al proveer un bien de uso colectivo o cobrar por un servicio.

⁵ Véase Maureen Cropper y Wallace Oates *op. cit.*; Robert Hahn «Economic Prescriptions for Environmental Problems: How the Patient Followed the Doctor's Orders». *op. cit.*

⁶ Janice Bernstein, *op. cit.*

c) Subsidios

Una alternativa a los impuestos para resolver problemas de contaminación es el uso de subsidios por descontaminar. Si bien es cierto que los subsidios obligan al agente contaminador a considerar el costo completo de sus acciones, provocan problemas de eficiencia al introducir incentivos perversos que pueden incluso empeorar el problema que deberían resolver. Los subsidios mejoran la rentabilidad de la industria contaminante y, por lo tanto, pueden afectar la decisiones de entrada a la industria atrayendo nuevas firmas a la actividad, pudiendo incluso terminar con un aumento en los niveles de contaminación.

Si el principio «el que contamina paga» se aplica en forma estricta, no se podrían usar subsidios para reducir la contaminación. Bajo este principio sólo se podrían usar subsidios para corregir casos de externalidades positivas.

d) Normas de emisión

En la regulación por medio de normas de emisión, la autoridad define para cada fuente, un nivel máximo permisible de emisiones. La fuente emisora, por su parte, puede cumplir con las normas de la forma en que lo desee. Si los costos de monitoreo no son excesivos y la información sobre costos de cumplimiento con las normas está disponible para el regulador a bajo costo, este tipo de instrumento podría ser eficiente. Sin embargo, debe notarse que la determinación de normas de emisión que sean consistentes con un objetivo de calidad ambiental requiere de, al menos, la misma cantidad de información que la determinación de impuestos por emisión, puesto que se deben monitorear las emisiones para saber si se está cumpliendo con las normas.

Por otra parte, las normas de emisión pueden presentar importantes problemas en algunos casos. Uno de ellos ocurre cuando las normas exigen reducciones parejas en las emisiones de las fuentes. Si estas difieren en sus costos de reducción de emisiones, una reducción dada de emisiones no se logrará al mínimo costo posible. Un segundo caso ocurre cuando las normas de emisión difieren entre las fuentes nuevas y las antiguas. Si las normas son menos exigentes para las fuentes antiguas, se provee un incentivo para mantenerlas activas por periodos mayores que bajo otros sistemas.

Una desventaja adicional de las normas de emisión es que no proveen incentivos dinámicos para que las fuentes adopten tecnologías descontaminantes en forma continua. Una vez que se cumple la norma de emisión, no hay ningún incentivo para que las fuentes continúen haciendo un esfuerzo de descontaminación.

En la práctica, este instrumento ha sido uno de los más usados. Es importante notar que para que su uso sea efectivo, la autoridad debe tener la capacidad de imponer sanciones o multas a los que sobrepasan las normas.

e) Estándares tecnológicos

Cuando resulta difícil o muy costoso el monitoreo de las fuentes de emisión, se puede optar por la regulación de la tecnología. Este tipo de instrumento ha sido muy usado en la práctica. Ejemplos de ello son los requerimientos para que empresas usen o no determinados insumos o para la adopción de tecnologías de reducción de contaminación.

Los estándares tecnológicos pueden ser un buen instrumento por sus bajos costos de monitoreo, a pesar de que en la práctica puede no ser tal si se requiere inspeccionar equipos y plantas para verificar que los estándares se cumplan y que los equipos no sean adulterados. Por otro lado, si diferentes firmas en una industria tienen formas distintas para reducir sus emisiones, una reducción de emisiones se podría lograr a un menor costo que con estándares tecnológicos. Sólo podría existir una ventaja para los estándares tecnológicos si no existe ninguna duda de cuál es la mejor manera de lograr una reducción dada de emisiones. En cuanto a los aspectos dinámicos, este sistema no provee incentivos para que las fuentes incorporen voluntariamente tecnologías que reduzcan las emisiones. Es la autoridad la que debe ir adecuando los estándares y acomodando la entrada de nuevas fuentes emisoras.

f) Permisos de emisión transables

En un sistema de permisos de contaminación transables, la autoridad reguladora determina la cantidad agregada de emisiones de contaminantes en una cierta región, pero deja al mercado la asignación de



esas emisiones entre las distintas fuentes contaminantes. Para ello emite permisos de emisión consistentes con el monto total de emisiones que determinó previamente y los distribuye a las fuentes, las que pueden transarlos. Las transacciones de los permisos en el mercado determinan su precio.

El hecho de que sean transables en un mercado competitivo, permite a este sistema lograr el nivel de emisiones deseado al mínimo costo posible. Los emisores compararán el precio de mercado de los permisos con su costo marginal de reducción de emisiones. Los emisores con bajos costos de reducción de emisiones preferirán reducirlas antes que comprar permisos o, si los tienen, podrán liberarlos y venderlos en el mercado. Los emisores con altos costos de reducción de emisiones preferirán comprar permisos y no disminuir sus emisiones. Si debido a diferencias tecnológicas entre las distintas fuentes emisoras, los costos de reducción de emisiones difieren entre ellas, se podría esperar que surja un mercado por permisos, en el que las fuentes con bajos costos de reducción de emisiones venden permisos y aquéllas con altos costos de reducción de emisiones los compran.

Bajo perfecta certidumbre, existe una cierta equivalencia entre los permisos de emisión transables y los impuestos a las emisiones en cuanto a que ambos tienen la capacidad de lograr con objetivos ambientales al mínimo costo posible si es que los impuestos se fijan al precio de mercado de los permisos. En este caso no tendría diferencia alguna para la fuente de emisión el pagar í pesos por unidad en impuestos directamente a las autoridades o pagar los mismos í pesos para la adquisición de permisos de emisión en el mercado. En ambos casos, el emisor reduciría sus emisiones en exactamente la misma cantidad.

Sin embargo, los permisos de emisión transables tienen una serie de ventajas por sobre los impuestos a las emisiones. En primer lugar, reducen la incertidumbre con respecto al total de emisiones que se quiere alcanzar, comparado con los impuestos por emisión. Esto porque bajo el sistema de permisos, la autoridad fija directamente el nivel total de emisiones. Podría ocurrir, sin embargo, que aun cuando el total de emisiones sea el deseado, en algunos lugares específicos (puntos críticos) se superen las normas de calidad ambiental. Esto es algo que hay que considerar al diseñar un sistema de permisos transables de emisión incorporando la dimensión de la ubicación geográfica en las transacciones de emisiones.

Una segunda ventaja de los permisos por sobre otros instrumentos es su flexibilidad para acomodarse a cambios en las condiciones generales de la economía. Una vez que han sido establecidos y suponiendo que existe la capacidad de monitoreo y control de los permisos, este sistema mantiene el nivel de emisiones totales sin ninguna intervención de una autoridad reguladora. Si la demanda por permisos aumenta por la entrada de nuevas fuentes, el precio de mercado de los permisos (con oferta fija) aumentará. Los entrantes tendrán que comprar permisos o entrar con tecnología no contaminante. Las firmas poseedoras de permisos tendrán incentivos para reducir emisiones y vender permisos a los entrantes o a las firmas activas que quieran expandirse.

Para que funcione un sistema de permisos de emisión transables se requiere medir, tal como bajo un sistema de impuestos por emisión o bajo un sistema de normas de emisión, las emisiones en el efluente para cada fuente emisora. Sin embargo, la transferibilidad de los permisos introduce un problema adicional que viene de la necesidad de llevar un registro de las transacciones de permisos para poder compararlos con las emisiones de cada fuente.

Con respecto a la mantención de la eficiencia en el tiempo, el sistema de permisos transables otorga a las fuentes los incentivos adecuados para que las firmas inviertan en nuevas tecnologías de reducción de emisiones para liberar así permisos que pueden ser posteriormente transados en el mercado. Sin embargo, los incentivos dependen crucialmente de que la fuente que hizo el esfuerzo de reducción de emisiones pueda disponer de los permisos liberados para transarlos en el mercado. Es decir, se requiere que la fuente tenga algún derecho de propiedad sobre los permisos de emisión que libera.

Los aspectos distributivos de un sistema de permisos transables dependen de cómo se haga su distribución inicial y de la cantidad total de permisos asignados. Para cada fuente individual, el costo de reducir emisiones en que incurre bajo un esquema de permisos se compone de los costos de abatimiento por las emisiones reducidas y del costo de los permisos por aquellas emisiones que no controla. El segundo componente del costo dependerá de si los permisos se licitan o se entregan gratuitamente a las fuentes existentes usando algún criterio de desempeño histórico.

En el caso de una licitación de permisos, las fuentes emisoras deben pagar para poder emitir, al igual que bajo un sistema de

impuestos por emisión. Es importante notar⁷ que el costo de los permisos para las firmas bajo un esquema de licitación pueden ser sustanciales e incluso mayor que los costos de abatimiento que deben incurrir bajo esquemas regulátenos alternativos (que incluso pueden ser ineficientes), como por ejemplo uno que obliga a todas las fuentes a reducir emisiones en igual proporción. Este hecho puede derivar en que las fuentes se opongan a un sistema de permisos asignados mediante licitación.

En el caso de una distribución gratuita, se les regala a las fuentes un activo transable en el mercado, lo que constituye una transferencia de riqueza hacia los receptores de permisos. Las fuentes, por lo tanto, tienen todos los incentivos para tratar de afectar en su favor la distribución inicial de permisos.

De cualquier forma, si el mercado por permisos es competitivo, la distribución inicial de permisos es un problema distributivo y no de eficiencia porque el resultado de mínimo costo en términos de los esfuerzos de reducción de emisiones que tiene que hacer cada fuente se logrará por medio de las transacciones entre ellas, independientemente de la asignación inicial.

Un problema que ha preocupado a muchos observadores se refiere a la posibilidad de que el mercado por permisos no sea competitivo. En este caso, nada garantiza que la asignación final de los permisos sea costo-efectiva, aunque la cantidad total de emisiones no será superior a la permitida por la autoridad.

Hay dos tipos de potenciales problemas que pueden afectar la competencia en los mercados de permisos. El primero corresponde a uno en que una fuente o grupo de fuentes tiene algún poder monopólico para afectar el precio de los permisos. En este caso, las fuentes con poder para afectar el precio de los permisos comprarán menos permisos que los que requeriría el costo-efectividad. Por este motivo, los costos de abatimiento son mayores que bajo la solución de mínimo costo, pero cada fuente gasta menos en total (costos de abatimiento más costos de los permisos).

Tietenberg⁸ reporta que la evidencia empírica acerca de la manipulación de los precios por parte de fuentes con poder monopólico

⁷ Véase Thomas Tietenberg, «Emissions Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy», Washington, D.C.: Resources for the Future, 1985; Randolph Lyon, «Auctions and Alternative Procedures for Allocating Pollution Rights», *Land Economics*, volumen. 58, número 1, febrero 1982.

⁸ Thomas Tietenberg, *op. cit.*

en las licitaciones de permisos puede tener una influencia grande en el precio pero una influencia relativamente pequeña en los costos de control. El poder para afectar precios depende del tamaño relativo de las fuentes y de sus costos marginales de reducción de emisiones. De cualquier manera, si el poder para afectar precios fuera un problema en un esquema de licitación, es posible diseñar uno que minimice los incentivos para manipular los precios.

El segundo tipo de problema puede surgir del deseo de una(s) fuente(s) de usar los permisos como barrera a la entrada de competidores a la zona geográfica cubierta por el mercado de los permisos. La importancia práctica de este tipo de comportamiento en un esquema de licitación dependerá del número de fuentes que compitan en el mercado del producto final y que participen en el mismo mercado de permisos. Por otra parte, la distribución inicial de permisos en un esquema de reparto gratuito puede usarse para reducir la ocurrencia potencial de este fenómeno.

La evidencia empírica acerca del uso de permisos transables de emisión ha sido bien documentada en Hahn (1989) y Hahn y Hester (1989).

De las experiencias revisadas en la literatura hay dos que merecen una mención especial. Estas corresponden a las dos modificaciones del Acta de Aire Limpio de los Estados Unidos introducidas en 1977 y en 1990.

En 1977, el Acta fue modificada en dos aspectos fundamentales. Primero, en las áreas donde no se satisfacen los estándares se aplicaron regulaciones muy exigentes, tales como imposición de estándares tecnológicos. Segundo, se introdujo un programa de transacción de emisiones con el objetivo de darles a las fuentes mayor flexibilidad para que controlaran sus emisiones. Este programa opera a través de «créditos por reducción de emisiones». Si una fuente controla sus emisiones en más de lo que tiene permitido emitir, puede obtener un crédito por el «exceso» de reducciones. El crédito puede ser transado en cuatro formas distintas.

La primera se conoce como *netting*. Se diseñó para permitir que una firma que está creando nuevas fuentes de emisión evitara las rigurosas normas de emisión a que estarían sujetas si son clasificadas como fuente nuevas. Si las emisiones globales de la planta no aumentan, la fuente modificada puede aumentar emisiones usando los créditos por reducciones obtenidas en otras fuentes de la planta. Esto se llama



transferencia interna porque las transacciones de créditos involucran a una sola firma.

El segundo elemento de la transacción de emisiones corresponde a las compensaciones (*offsets*), el que fue diseñado para que pudieran entrar nuevas fuentes contaminantes a un área donde no se está cumpliendo con las normas de calidad (zonas saturadas), sin que eso significara incrementar el nivel global de contaminación.

La regla es que se permite la entrada de nuevas fuentes emisoras en áreas saturadas sólo si compensan sus emisiones con reducción de emisiones aun mayores de las fuentes existentes.

La tercera forma es mediante las «burbujas». Una burbuja se puede ver como una cúpula de vidrio imaginaria que cubre diferentes fuentes emisoras. El objetivo es que el volumen global de emisiones en la burbuja no exceda el nivel requerido por las normas predeterminadas. Si una fuente en particular excede su norma de emisión asignada, puede compensarlo comprando créditos de alguna otra fuente en la burbuja.

Por último, existe el componente de «banco», en que las fuentes pueden guardar sus créditos de reducción de emisiones para usarlas después en programas de compensación, *netting* o burbuja.

La experiencia con las transacciones de emisiones, que se resume en el cuadro siguiente, tomado de Hahn y Hester,⁹ parece indicar que han tenido éxito en haberle dado a las firmas mayor flexibilidad para lograr cumplir con sus normas de emisión, lo que ha redituado en ahorros importantes. Estos ahorros de costos se han logrado fundamentalmente con transacciones internas pudiendo haber sido mucho mayores si hubiesen ocurrido más transacciones externas a la firma. Los cambios en la calidad ambiental que ha resultado de estos programas ha sido prácticamente nula.

A fines de 1990, se aprobó en el Congreso una nueva y profunda revisión del Acta de Aire Limpio en EE.UU.¹⁰ Una de las modificaciones se refiere a la introducción de un sistema de permisos transables de emisión para fuentes que emiten dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. La legislación afecta específicamente a las centrales termoeléctricas que queman carbón con alto contenido de azufre y que

⁹ Robert Hahn, y Cordon Hester *op. cit.*

¹⁰ Congressional Records, U.S. Senate, 1990

bajo el Acta, tienen que reducir sus emisiones combinadas de ambos contaminantes a 9 millones de toneladas al año en el año 2000 desde un promedio de 19 millones de toneladas al año en el período 1980-1985. El sistema asigna permisos de emisión gratuitamente basado en los niveles de emisión actual. Las fuentes pueden usarlos, comprarlos o venderlos. Sin embargo, el Acta establece que estos permisos no constituyen derechos de propiedad para la fuente y que pueden ser, por lo tanto, revocados, limitados y/o modificados por el administrador de la EPA (Environmental Protection Agency de EE.UU.). Aunque la experiencia es demasiado reciente como para evaluarla, ha habido algunos indicios que, por diversas razones de orden político, los estados no han dejado operar a los mercados por permisos, con lo cual las reducciones de costo potenciales estimadas en US\$5 billones no podrían alcanzarse.

Resumen de Transacción de Emisiones

Actividad	Número Estimado de Transacciones Internas	Número Estimado de Transacciones Externas	Ahorro Estimado de Costos (millones)	Impacto En Calidad Ambiental
Netting	5000 a 12000	Ninguna	\$525 a \$12000	Levemente negativo
Offsets	1800	200		Neutral
Burbujas				
- Federales	40	2	\$300	Neutral
- Estatales	89	0	\$135	Neutral
Banca	<100	<20	Muy pequeño	Levemente positivo

FUENTE: Hahn y Hester(1989).



Una estimación de los beneficios en salud de reducir la contaminación atmosférica en Santiago (*)

José Miguel Sánchez C. y José Tomás Morel L.

José Miguel Sánchez es Ingeniero Comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile. Doctor en Economía, Universidad de Minnesota. Investigador y profesor del Programa de Posgrado en Economía, Ilades/Georgetown University. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

José Tomás Morel es Ingeniero Comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile. Investigador del Programa de Posgrado en Economía, Ilades/Georgetown University.

(*) Trabajo preparado para la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

Los autores agradecen los valiosos comentarios de Ricardo Katz, doctor Juan Giaconi, Gunnar Eskeland y Bart Ostro. Por supuesto, los errores que aún persisten son de nuestra exclusiva responsabilidad. También agradecemos en forma muy especial a Cristian Echeverría por facilitarnos la base de datos de su tesis y a Ignacio Olaeta por la información de la red MACAM.

1. Introducción

La ciudad de Santiago presenta serios problemas de contaminación atmosférica, los que la sitúan entre las más contaminadas del mundo. El contaminante crítico es el material particulado. Escudero y Cofre (en este volumen) reportan que la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es superada ampliamente, con un promedio anual de PM10 2,17 veces mayor que el valor de la norma.¹ Respecto de los promedios mensuales de PM10, estos mismos autores reportan que entre los meses de abril a septiembre la norma de 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) es superada en forma frecuente.

La contaminación tiene una serie de efectos negativos sobre el bienestar de las personas debido a su incidencia en la salud, en la productividad de los recursos, en la duración de los materiales, en la visibilidad, en el olor, etc.

En este trabajo nos centraremos en los efectos en salud de la contaminación atmosférica.

El material particulado, y en especial la fracción respirable (PM10), ha sido relacionado con una serie de efectos adversos sobre la salud en diversos estudios epidemiológicos. En un trabajo reciente, Ostro² revisa el estado del conocimiento científico en esta materia. Los

estudios que él considera relacionan concentraciones de material particulado con efectos en salud, incluyendo: mortalidad, admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias de las vías inferiores para niños, ataques de asma y enfermedades crónicas. En varios de estos estudios se obtienen relaciones estadísticamente significativas usando distintas medidas de material particulado.

Para el caso de Santiago, el Estudio Epidemiológico de la Intendencia Regional Metropolitana³ (1989) asoció el material particulado con efectos en salud, al comparar poblaciones de esta ciudad con las de Los Andes.

Aun cuando hay evidencia de que existe una asociación positiva entre la contaminación atmosférica por material particulado y la salud, los esfuerzos por tratar de estimar los costos en salud que la contaminación impone sobre los habitantes de Santiago han sido escasos.⁴

La cuantificación de los costos en salud provee a los encargados de las políticas ambientales de información necesaria para evaluar los beneficios potenciales en salud de reducir la contaminación. Como los recursos que se dedican a la descontaminación son limitados, resulta conveniente que el diseño de las políticas así como la priorización de sus objetivos estén avalados por estimaciones, aunque sean gruesas, de sus costos y beneficios

En este trabajo se realiza un ejercicio de estimación de los beneficios en salud que se obtendrían al reducir la contaminación atmosférica en Santiago.⁵ La estimación se hace en dos etapas. En la primera, se intenta relacionar estadísticamente los niveles de PM10 con las consultas por enfermedades respiratorias para obtener una elasticidad que permita inferir la reducción en el número de consultas que se lograría al disminuir los niveles de PM10 en un cierto porcentaje. Esto se presenta en la sección 2. En la segunda etapa, sección 3, se intenta

³ Véase Intendencia Regional Metropolitana, «Estudio Epidemiológico sobre Efectos de la Contaminación Atmosférica», Intendencia Regional Metropolitana, SERPLAC, Santiago, diciembre, 1989.

⁴ Para una revisión reciente de los trabajos que se han realizado para Santiago, véase Sánchez (1992).

⁵ Un ejercicio similar realizado para Ciudad de México se presenta en Margulis (1992)



asignar costos a los efectos en salud predichos en la primera etapa. Para ello se aplican las elasticidades de las enfermedades respiratorias respecto del PM10, a una estimación de la población total de consultas por enfermedades respiratorias en Santiago.

En la sección 4 se presentan las conclusiones. Un apéndice describe los detalles de la construcción de la muestra.

2. Estimación de la relación entre la contaminación por partículas respirables y enfermedades respiratorias

El objetivo de esta sección es cuantificar la relación entre enfermedades respiratorias y niveles de contaminación por partículas respirables (PM10) en la ciudad de Santiago.

a) Especificación del modelo

El modelo que se estima es del tipo serie de tiempo. La gran ventaja de estos modelos es que minimizan los problemas de variables confundentes y de variables omitidas. Para un período razonablemente corto —por ejemplo, un año— es esperable que sean mínimos los cambios en otros factores que influyen en el riesgo de contraer enfermedades respiratorias, tales como el hábito de fumar y el acceso a los servicios de salud. Debemos concentrarnos, por lo tanto, solamente en variables que afecten la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias y que varíen a lo largo del año, tales como la contaminación y el clima. Por este motivo, junto al PM10 se incluyen variables climatológicas como temperatura y humedad. Otro elemento que debiera incluirse es la contaminación intradomiciliaria, en particular aquella asociada a la calefacción, pues no es constante durante el año. Aunque esta variable no pueda ser incluida directamente por carecer de información suficiente, en la medida que exista una relación estrecha y constante entre contaminación intradomiciliaria y las variables climatológicas, la inclusión de este segundo tipo de variables permite capturar alguna fracción del efecto de la primera. Si así fuera, las elasticidades respecto de las variables temperatura y humedad que se obtengan en las estimaciones serían mayores (en valor absoluto) que las efectivas.

Otro aspecto que se debe considerar al especificar el modelo

es la posibilidad de que exista correlación entre las variables climatológicas y entre éstas y el PM10. Por lo tanto, es posible que en las estimaciones se obtengan parámetros de escasa significancia individual para ambos tipos de variables.

Los estudios econométricos que relacionan morbilidad con contaminación señalan la sensibilidad de los resultados a la forma funcional escogida y de hecho no existe acuerdo respecto de cuál es la más adecuada⁶. Un aspecto particular de la especificación es la estructura de rezagos. Debido a que la contaminación y el clima de algún período pasado también afectan la salud en el presente, es necesario incorporar rezagos en las variables explicativas. Además, debido a que las enfermedades respiratorias pueden ser en alguna medida contagiosas y/o las personas acuden al consultorio más de una vez por la misma enfermedad, quedando registrados como casos distintos, es probable que los casos de enfermedades presentes estén en algún grado relacionados con los del pasado. De esta manera corresponde también incluir rezagos de la variable dependiente. Sería importante conocer la magnitud del problema de repetición de los registros, toda vez que la presencia de rezagos de la variable dependiente determina que las elasticidades de largo plazo difieran de las de corto plazo.

Otro elemento a considerar en la especificación del modelo es la presencia de «umbrales» en las variables explicativas contaminación y temperatura. Esto se refiere a que sobre o bajo cierto nivel la contaminación y la temperatura pueden tener efectos significativamente distintos al del resto de las observaciones. Para la contaminación, se podría pensar que en tramos de bajos índices no afecta significativamente la salud, independientemente del nivel de la contaminación dentro de esos tramos. Sin embargo, Margulis⁷(1992) reporta que la evidencia al respecto es insuficiente.

Por último, sería aconsejable, en la medida que los datos lo permitan, considerar separadamente los grupos étnicos, ya que los efectos de la contaminación sobre la salud poblacional serían distintos entre ellos.

⁶ Véase Bart Ostro, «Air Pollution and Morbidity Revisited: A Specification Test», *Journal of Environmental Economics and Management* 14, pp. 87-98, 1987.

⁷ Véase Sergio Margulis, «Back of the Envelope Estimates of Environmental Damage Costs in México», The World Bank, *Policy Research Working Papers* N° 824, enero 1992.



En resumen, la especificación del modelo es en sí un resultado de las estimaciones.

b) Descripción de la muestra

En esa subsección se describen la muestra y las variables empleadas en la estimación. Los detalles acerca de la construcción de las mismas están contenidos en el Apéndice 1.

Los datos epidemiológicos provienen del trabajo «Estudio Epidemiológico sobre efectos de la Contaminación Atmosférica», Intendencia Región Metropolitana⁸ (1989). La muestra del estudio señalado contiene información diaria —excluidos los fines de semana— recogida en 5 consultorios de Santiago, sobre consultas diagnosticadas como enfermedades respiratorias, en el período marzo-diciembre de 1988. Las enfermedades respiratorias son rinofaringitis aguda, sinusitis aguda, faringitis aguda, laringotraqueítis aguda, inflamación aguda de las vías respiratorias, bronquitis no especificadas, bronquitis-bronqueolitis, asma bronquial y neumonías y bronconeumonías.

Los datos de contaminación se obtuvieron de la Red MACAM de Medición de Contaminantes Atmosféricos y cubre el período mayo-diciembre de 1988. El contaminante escogido para este estudio fueron las partículas en suspensión con diámetro inferior a 10 μg . (PM10), que corresponde a la suma de las fracciones fina y gruesa.

Debe destacarse que en 1988 se implementó por primera vez la red de monitoreo, lo cual derivó en un funcionamiento irregular de las estaciones durante ese año. En este estudio, por problemas con el número de observaciones, se incluyeron los promedios diarios de estaciones que funcionaron 12 o más horas.⁹

Dada la cercanía de cada estación monitorea con un consultorio, era posible, en principio, estimar distintas ecuaciones, relacionando cada consultorio con su respectiva estación monitorea. Con ello se podría cuantificar el efecto de la contaminación por

⁸ Véase Intendencia Región Metropolitana *op. cit.*

⁹ Diversos expertos consideran representativamente una medición promedio diaria de PM10 si la estación funciona 18 o más horas en el día.

partículas en distintas zonas de Santiago. Sin embargo, esta alternativa se desechó, ya que la alta movilidad de la población dentro de la ciudad enturbia la relación entre la zona en que se está expuesto a la contaminación (ubicación de la estación de monitoreo) y el consultorio al que se acude. Además, los casos de enfermedades respiratorias en cada consultorio son escasos, lo cual agrega problemas numéricos a la estimación (por ejemplo, pasar de 2 a 3 casos de enfermedades respiratorias es un aumento del 50%). Por estas razones se optó por utilizar la suma de casos de consultas por enfermedades respiratorias de todos los consultorios escogidos y relacionarlos con el promedio de contaminación por partículas respirables medida en las estaciones de monitoreo. Es decir, se estaría midiendo el efecto agregado de la contaminación en varias zonas de Santiago.

El hecho de estimar las consultas agregadas de los consultorios y el promedio de contaminación de las estaciones requería una coincidencia de observaciones entre todos ellos. Esto imponía serias restricciones a la construcción de la muestra. De hecho, fue necesario eliminar dos de los consultorios y la estación monitora móvil, por presentar importantes carencias de datos.¹⁰

Para la variable de temperatura, se obtuvo el promedio entre las temperaturas medias diarias registradas por las estaciones monitoras.¹¹ La variable humedad corresponde a la media diaria del promedio de esas mismas estaciones de monitoreo.

En el Cuadro 1 se presentan algunos estadísticos descriptivos para las variables usadas en la estimación.

En el Cuadro 2 se presenta la matriz de correlaciones entre las variables explicativas.

En definitiva, la muestra de este estudio consta de 81 observaciones diarias que cubren el período julio-noviembre. La estructura de rezagos determina cuántas observaciones se «pierden» en las estimaciones.

¹⁰ Los consultorios eliminados fueron el de Monjitas y Dr. Anibal Ariztía. El primero porque la recolección de datos comenzó muy tarde en el año y el segundo por el elevado número de valores faltantes que exhibía.

¹¹ En la estimación también se probó con el promedio de las temperaturas mínimas, lográndose resultados menos satisfactorios que con temperatura media.



CUADRO 1

Estadísticos Descriptivos				
	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Consultas Enf. Respiratorias	100,3	36,2	43,0	199,0
PM10	100,5	57,7	0,9	271,0
Temperatura (a)	13,4	3,6	6,6	21,2
Humedad (b)	71,0	8,0	54,0	87,0

NOTAS: a) La temperatura está medida en grados celcius. b) La humedad está medida en porcentaje.

CUADRO 2

Matriz de correlaciones entre PM10 y Variables Climatológicas			
	PM10	Temperatura	Humedad
PM10	1,0	-0,25	-0,14
Temperatura		1,0	-0,68
Humedad			1,0

Por ejemplo, si se utilizan dos rezagos y se cuenta con observaciones de lunes a viernes —tal como ocurre en este estudio—, ello implica que se pierden todas las observaciones de los lunes y martes. En este estudio se incluyeron entre uno y tres rezagos para variables endógenas y exógenas, lo cual implicó que en las estimaciones se utilizaran muestras con alrededor de 29 observaciones en un modelo con tres rezagos y 61 en un modelo con un rezago.

c) Estimación y resultados

Las ecuaciones que relacionan el número total de las consultas diagnosticadas como enfermedades respiratorias, con los niveles promedios diarios de PM10, temperatura media y humedad media diarias, sus rezagos y los de la variable dependiente, se estimaron a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).¹²

La estrategia utilizada fue comenzar estimando ecuaciones lo más generales posibles, que incluían todas las variables que se consideraron pertinentes, además de sus rezagos.¹³ Luego se simplificaron las ecuaciones generales eliminando aquellas variables no significativas, tanto desde un punto de vista individual como global. Para ello se examinan los test «t» de cada coeficiente y la resta entre los logaritmos de la función de verosimilitud de los modelos generales y restringidos (con variables eliminadas).

Al graficar la variable dependiente con las explicativas no se apreció una forma funcional con características particulares que justificaran explorar modelos no lineales. En particular, no se observó ningún efecto umbral. Por lo tanto, se escogió un modelo logarítmico que inicialmente contenía como variables explicativas tres rezagos de la variable endógena, el PM10 corriente y sus tres primeros rezagos, la temperatura media y la humedad (la humedad expresada en porcentaje, no en logaritmo) comentados con sus tres rezagos.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la estimación del modelo final que se obtuvo luego del proceso de simplificación. El coeficiente del primer rezago de la variable dependiente permaneció en el modelo con un valor bastante significativo (0,56). Ello significa que existe una inercia importante en las consultas por enfermedades respiratorias. Ya se planteó que las explicaciones probables serían los contagios de este tipo de enfermedades y/o las consultas reiterativas de las mismas personas.

¹² Se probó estimar el modelo en forma simultánea como bloque con una ecuación para cada grupo etéreo, pero no se lograron buenos resultados. La razón fundamental, al parecer, es que hay grupos etéreos con muy pocos casos de enfermedades respiratorias.

¹³ Por un problema de grados de libertad, en este modelo se consideraron los tres primeros rezagos de cada variable explicativa, entre ellos los rezagos de la variable dependiente.

CUADRO 3 RESULTADO DE LA ESTIMACIÓN
CONSULTAS TOTALES
MODELO CON TRES REZAGOS

ln (consultas totales)		
	coeficiente	test-t
constante	1,490	1,537
ln(con. totales _{t-1})	0,563	5,679
ln(pm10 _{t-1})	0,509	4,548
ln(pm10 _{t-2})	-0,460	-4,317
ln(pm10 _{t-3})	0,261	2,746
ln(temp. media)	-0,749	-5,125
ln(temp. media _{t-2})	0,898	3,472
ln(temp. media _{t-3})	-0,503	-2,272
humedad media	-1,322	-3,702
humedadmedia _{t-1}	1,322	3,702
número de observaciones	29	
R ²	0,926	
H de Durbin	1,853	

NOTA: a) los coeficientes de la humedad están restringidos a la suma igual a cero, b) ln representa el logaritmo natural.

El coeficiente del PM10 corriente fue eliminado, quedando sus tres rezagos. Llama la atención el cambio de signo del segundo rezago. En vez de interpretar ese signo negativo «literalmente» —mientras mayor la contaminación dos días atrás, menos casos de enfermedades— estaría señalando la presencia de problemas dinámicos. Si se considera la suma de los tres coeficientes se obtiene una relación positiva entre nivel de PM10 y número de consultas por enfermedades respiratorias.

En estimaciones preliminares se probó la temperatura mínima diaria. Sin embargo, debido a que se obtenía una alta autocorrelación de los errores, se optó por utilizar la temperatura media diaria, aun cuando el ajuste con esta variable disminuía marginalmente. La escasa significancia del primer rezago de la temperatura motivó su eliminación. El efecto agregado de los coeficientes de la temperatura es negati-

vo, tal como se esperaría; las personas se enferman más cuando la temperatura es menor.

En la ecuación final aparecen los coeficientes de la humedad corriente y su primer rezago. Inicialmente, la suma de ambos era escasamente negativa, al contrario de lo que era razonable suponer. Por lo tanto, se probó restringir los parámetros a que la suma entre ellos era igual a cero. Dado que la restricción pasó al test de la diferencia de logaritmos de la función de verosimilitud, ésta permaneció en el modelo final.

En todas las variables independientes se obtuvieron cambios de signo en sus parámetros, entre rezagos. Ello estaría indicando la presencia de problemas dinámicos. De hecho, el test H de Durbin (se aplica con variable endógena rezagada) muestra que no es posible descartar la presencia de autocorrelación de primer orden. No fue posible corregir este modelo por autocorrelación, ya que se perdían demasiadas observaciones al considerar un rezago más. En presencia de autocorrelación, las varianzas obtenidas con MCO son menores a las efectivas. Luego los tests-treportados en el Cuadro 3 están sobreestimados.

El ajuste del modelo a los datos resultó muy bueno, con un $R^2=0,93$.

El Cuadro 4 contiene las elasticidades de largo plazo respecto de las consultas totales. Estas son de largo plazo en el sentido de que se han sumado las elasticidades para los distintos rezagos (suma de coeficientes, ya que el modelo es logarítmico). Es decir, es el efecto acumulado entre el día corriente y tres días atrás, de las variables explicativas sobre el número de consultas. Así, por ejemplo, la semielasticidad (la humedad no está expresada en logaritmo) de largo plazo respecto a la humedad es cero, porque los coeficientes reportados en el Cuadro 3 suman cero.

Se reportan dos valores que definen un rango para cada elasticidad, dependiendo de la interpretación que se haga del coeficiente de la variable endógena rezagada. Si suponemos que la significancia estadística de este coeficiente se debe sólo a un problema de registro de los casos, en el sentido de que las mismas personas concurren varias veces al consultorio por un mismo caso de enfermedad, entonces las elasticidades relevantes son las de la izquierda. Si, en cambio, se supone que el efecto «contagio» es el que predomina, entonces es necesario dividir las elasticidades de la izquierda por uno menos el coeficiente del rezago de la variable endógena.

CUADRO 4 ELASTICIDADES CONSULTAS TOTALES
MODELOS CON TRES REZAGOS

pml0	0,310/ 0,709
temperatura media	-0,354/ -0,809

NOTA: Las elasticidades de la derecha se obtienen dividiendo las elasticidades de la izquierda por uno menos la suma de los coeficientes de los rezagos de la variable endógena.

La elasticidad del PM10 indica, tomando los promedios muestrales de las variables, que frente a una reducción de 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el PM10 (de 100 a 90), las consultas por enfermedades respiratorias disminuirían entre 3 y 7%. En el caso de la temperatura media, un aumento de 1,3 C° (de 13,4 a 14,7) haría caer las consultas entre 3,5 y 8%.

Es importante reiterar que estos resultados se obtuvieron en presencia de autocorrelación. Por lo tanto, en la medida en que las varianzas de los estimadores de los coeficientes son en realidad mayores que los aquí encontrados, las elasticidades que se reportan pierden en algún grado su significancia. El ajuste, por su parte, no se ve afectado por la autocorrelación.

Debido a que el modelo con tres rezagos evidenció problemas dinámicos, reflejados en el cambio de signo entre los rezagos de las variables explicativas, se procedió a estimar un modelo con un solo rezago en todas las variables.¹⁴ El objetivo principal de este ejercicio era ver si el primer rezago capturaba el efecto acumulado de tres rezagos. Un efecto lateral muy importante de esta reducción de rezagos es el aumento en el número de observaciones para la estimación.

El Cuadro 5 presenta los resultados de la estimación del modelo con un rezago.

¹⁴ También se estimó un modelo que inicialmente contenía dos rezagos, pero en el proceso de eliminación de variables no significativas se excluyeron todos los segundos rezagos.

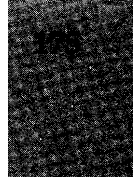
CUADRO 5 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN
CONSULTAS TOTALES
MODELO CON UN REZAGO

Inconsultas totales)		
	coeficiente	test-t
constante	1,490	1,537
$\ln(\text{con. totales}_{t-1})$	0,526	6,121
$\ln(\text{pml0}_{t-1})$	0,224	3,648
$\ln(\text{temp. media})$	-0,396	-3,460
humedad media	-0,754	-2,381
$\text{humedadmedia}_{t-1}$	0,754	2,381
número de observaciones	61	
R^2	0,788	
H de Durbin	1,246	

NOTA: los coeficientes de la humedad están restringidos a la suma igual a cero.

Nuevamente el parámetro de la variable endógena rezagada es altamente significativo y similar en valor al estimado en el modelo anterior. El PM10 entra en su primer rezago con el signo correcto y bastante significativo, indicando que la contaminación del día anterior tiene un efecto positivo sobre el número de consultas por enfermedades respiratorias. El valor del parámetro resultó menor que la suma de los tres rezagos en el modelo anterior. La temperatura media también tiene el signo correcto y su valor es similar a la suma de los rezagos estimados en el modelo anterior. Al igual que en el modelo con tres rezagos, la humedad pasó el test de la suma de coeficientes igual a cero. El ajuste de esta ecuación es inferior al del modelo de tres rezagos, mostrando un R^2 de 0,78. Sin embargo, esta regresión supera a la anterior en cuanto a que el estadígrafo H de Durbin no permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación.

En el Cuadro 6 se presentan los valores de las elasticidades que surgen del modelo de un rezago.



CUADRO 6 ELASTICIDADES CONSULTAS TOTALES
MODELO CON UN REZAGO

pml0	0,224/0,472
temperatura media	-0,396/-0,835

NOTA: Las elasticidades de la derecha se obtienen dividiendo las elasticidades de la izquierda por uno menos el coeficiente del rezago de la variable endógena.

Como se puede apreciar, las elasticidades que entrega este modelo respecto del PM10 son más bajas que las del modelo de tres rezagos.

Tal como en el otro modelo, se reporta un rango para las elasticidades dependiendo de los supuestos respecto de la variable endógena rezagada. La elasticidad del PM10 indica, tomando los promedios muestrales de las variables, que frente a una reducción de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el PM10 (de 100 a 90), las consultas por enfermedades respiratorias disminuirían aproximadamente entre un 2 y 5%. En el caso de la temperatura media, un aumento de 1,3 C° (de 13,4 C° a 14,7 C°) haría caer las consultas entre 4 y 8%.

Los resultados obtenidos de la estimación de los modelos con tres y un rezago no permiten establecer la superioridad de uno sobre el otro. Por una parte, el modelo con tres rezagos tiene mejor ajuste que el modelo con un rezago, lo que estaría indicando que la contaminación y las variables climatológicas de dos y tres días atrás tienen efecto sobre las enfermedades respiratorias del día corriente. Por otra parte, el modelo de tres rezagos mostró serios problemas dinámicos, reflejados en la presencia de autocorrelación y en alternancia de signos entre rezagos en las variables explicativas. La presencia de autocorrelación implica que los coeficientes estimados tienen una varianza menor que la efectiva. Así, las elasticidades obtenidas a partir del modelo de tres rezagos tienen un menor grado de confiabilidad que aquellas del modelo de un rezago.

En otras palabras, los resultados sugieren que las elasticidades verdaderas de las enfermedades respiratorias respecto del PM10 y de la temperatura debieran ser mayores (en valor absoluto) que las encontradas a partir del modelo de un rezago. La magnitud de esa

diferencia no pudo ser determinada confiablemente a través del modelo de tres rezagos aquí estimado.

Resulta interesante comparar las elasticidades obtenidas en este trabajo con las que reporta Ostro¹⁵ en su reciente revisión de la literatura. Respecto de los efectos de las partículas en la morbilidad, el autor cita un estudio que estimó la asociación entre las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y PM10, entre 1985 y 1989, en varios valles de Utah, EE. UU. Este estudio indica que un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 está asociado con un aumento de 8,9% en las admisiones hospitalarias en un valle y un 2,7% en el otro.

3. Estimación de los beneficios en salud de reducir la contaminación atmosférica

a) Metodología

Si se acepta la hipótesis de que la contaminación atmosférica por PM10 tiene efectos adversos sobre la salud de las personas que habitan en Santiago, es importante tratar de estimar cuáles son los costos asociados con estos efectos. Básicamente, los costos asociados con morbilidad son de tres tipos. El primero de ellos corresponde a costos médicos directos, tanto de prevención como de tratamiento. El segundo tipo corresponde a costos por productividad perdida por la enfermedad (días de trabajo y actividad restringidos). El tercer tipo de costo corresponde a la disminución en bienestar que sufre la persona enferma por las molestias propias de la enfermedad y el costo de oportunidad del tiempo perdido. En general, los dos primeros tipos de costos se pueden estimar de manera más o menos directa. El tercer tipo de costo, sin embargo, es más difícil de estimar por cuanto requiere contar con información respecto de la valoración subjetiva de las personas en relación a esas variaciones en bienestar.¹⁶ Por este motivo, el ejercicio que se realiza en esta sección sólo se relaciona (parcialmente) con los dos primeros tipos de costos.

¹⁵ Bart Ostro, «Generic Estimates of the Economic Effects of Criteria Air Pollutants: A Review and Synthesis», *op. cit.*

¹⁶ Este tipo de información requiere estimar la disposición a pagar de las personas para lograr mejoras en sus niveles de salud.



La estimación de los beneficios económicos asociados con las mejoras en salud, que se lograrían al reducir la contaminación, se basa en la idea de que los beneficios corresponden a los costos evitados por los menores casos de enfermedades respiratorias que se lograrían con la disminución en los niveles de PM10.

La cuantificación de los beneficios consiste en los siguientes pasos. Primero se aplican las elasticidades obtenidas en la sección 2 al total de consultas médicas por enfermedades respiratorias en Santiago, para obtener la disminución en el número de consultas asociado a una reducción determinada en el nivel de PM10. El paso siguiente consiste en calcular los costos evitados por el menor número de consultas. Esto requiere contar con una estimación del costo que implica cada caso de enfermedad respiratoria.

b) La estimación

En esta subsección se presenta un intento de cuantificación de los beneficios en salud asociados con la reducción de la contaminación atmosférica en Santiago. Es importante notar que sólo es posible capturar una parte de los mismos, por cuanto en la literatura para el caso de Santiago se cuenta con estimaciones bastante gruesas de tan sólo una parte de los costos evitados. En particular, los costos por morbilidad de enfermedades respiratorias considerados son: costo promedio por consulta por enfermedades respiratorias, costos por hospitalización y por ausentismo laboral. Para ello se usan algunos de los valores obtenidos por Bardón¹⁷ para el año 1988, que es precisamente el año al cual corresponden los datos utilizados en la estimación de las elasticidades.

Siguiendo los pasos descritos en la sección a), lo primero es obtener el número total de consultas por enfermedades respiratorias durante el año 1988, sobre el cual se aplican las elasticidades respecto del PM10. El número total de consultas por morbilidad para niños, mujeres y adultos efectuadas en la Región Metropolitana durante el año

¹⁷ María Paz Bardón, «Costos Económicos de las Enfermedades Asociadas con la Contaminación Atmosférica», Seminario de Título para optar al grado de Licenciado en Ciencias Económicas y al Título de Ingeniero Comercial. Universidad de Chile, marzo 1990. No publicado.

1988 en el sistema público (SNSS) fue de 5.064.216 y de 1.257.865 en el sector privado.¹⁸ Esto da un total de consultas por morbilidad para el año 1988 de 6.322.081. Para obtener el número de estas consultas que corresponden a enfermedades respiratorias se usó el porcentaje que se obtuvo a partir de los datos del Estudio Epidemiológico de la Intendencia Regional (1989). En esa muestra (descrita en el apéndice), un 15% del total de consultas correspondió a enfermedades respiratorias.

Con estos supuestos el número total de consultas por enfermedades respiratorias en la Región Metropolitana durante el año 1988 fue de 948.312.

Si se toma el promedio de las elasticidades obtenidas en la sección anterior —0,4— debido a que no se puede argumentar que una es mejor que otra, se tiene que frente a una reducción del 50% en el PM10, las consultas respiratorias hubieran disminuido en un 20% el año 1988, que corresponde a 189.662 consultas ese año.¹⁹

El paso siguiente es asignar valores monetarios a estos casos evitados. El primer costo que se cuantifica es el de consultas médicas. Para ello se toma el costo promedio por consulta de enfermedades respiratorias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias reportado por Bardón y que corresponde a \$ 2.688 de junio de 1988. Aplicando esta cifra al total de consultas por enfermedades respiratorias (tanto en el SNSS como en el sistema privado), obtenemos un costo evitado por concepto de consultas que asciende a \$ 509.811.456 en pesos de junio de 1988.

El segundo costo considerado es el de hospitalización. Para poder calcularlo, debemos saber qué porcentaje de las consultas totales por enfermedades respiratorias resulta en hospitalización. Como no se conoce esa cifra con exactitud, se supone que corresponde al número de egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en establecimientos del SNSS de la Región Metropolitana (reportado en Bardón), en

¹⁸ Como sólo se conoce el número total de las consultas privadas, siguiendo a Bardón se supuso que su distribución entre categorías es la misma que en el SNSS, la cual es conocida.

¹⁹ Se tomó una reducción del 50% en el PM10 debido a que el promedio para la muestra es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que para llegar a la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se requiere una reducción de esa magnitud. Como un antecedente adicional está el citado en la introducción, donde usando las cifras de Escudero y Cofre, durante los años 1989 a 1991 se hubiera tenido que disminuir el PM10 en un 54% para alcanzar la norma anual.

relación al total de consultas por enfermedades respiratorias en el SNSS. Este porcentaje es de 0,4%. Si se supone que este mismo porcentaje se aplica a las consultas del sector privado, el número total de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias evitadas asciende a 759. Recurriendo nuevamente a Bardón, se tiene que el costo promedio de tratamiento de enfermedades respiratorias por persona en establecimientos hospitalarios del SNSS, considerando el costo por día- cama, el costo de laboratorio y radiología, y el costo de farmacia, es de \$ 83.192. Si se aplica esta cifra al total (público más privado) de admisiones hospitalarias evitadas, se obtiene un costo evitado de \$ 63.142.728 en moneda de junio de 1988.

El último costo que cuantificamos es el de ausentismo laboral. Para ello suponemos que los ingresos perdidos reflejan adecuadamente las pérdidas en productividad por la pérdida de días trabajados. Para calcularlos, se requiere conocer la proporción de personas en edad laboral dentro de las consultas por enfermedades respiratorias. En la muestra del Estudio Epidemiológico de la Intendencia de la Región Metropolitana (1989), un 17,7% del total de consultas por enfermedades respiratorias correspondió a personas en edad adulta (20 a 64 años). Usando ese porcentaje se tiene que, de las hospitalizaciones evitadas calculadas en el párrafo anterior, 134 corresponderían a adultos en edad laboral y de las consultas (evitadas) por enfermedades respiratorias que no resultan en hospitalización, 33.436 corresponderían a adultos.

Bardón reporta, citando como fuente al Hospital de Enfermedades Respiratorias y Cirugía Torácica, que el número promedio de días de hospitalización por enfermedades respiratorias (excluido el cáncer al sistema respiratorio) fue el año 1988 de 20 días. Tomando 15 de esos días como laborales, se tiene que el número total de días laborales perdidos por hospitalización debido a enfermedades respiratorias que se hubieran evitado el año 1988, alcanza a 2.010 días.

Por otra parte, suponemos que las consultas por enfermedades respiratorias de adultos que no resultan en hospitalización corresponden a episodios de enfermedades que duran en promedio dos semanas o 10 días laborales.²⁰ Esto significa que el número de días laborales perdidos por este concepto que se hubieran evitado en 1988 alcanza a 334.360.

²⁰ Véase Bart Ostro, «Generic Estimates of the Economic Effects of Criteria Air Pollutants: A Review and Synthesis», *op. cit.*

Para valorar los días perdidos se utiliza el ingreso proveniente del trabajo por día para el año 1988, estimado por Bardón a partir de la Encuesta de Ingresos por Actividad Económica de junio de 1988 de la Universidad de Chile. Esta cifra es de \$ 1.659. Por lo tanto, el costo evitado por ausentismo laboral hubiera alcanzado el año 1988 a \$ 558.037.830 en pesos de ese año.

El Cuadro 7 resume los beneficios económicos en salud, expresados en pesos de diciembre de 1992, asociados a una reducción del 50% en el PM10, estimados en esta sección a partir de información del año 1988.

CUADRO 7 ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN SALUD ASOCIADOS CON UNA REDUCCIÓN DEL 50% EN PM10.
(Expresados en \$ de diciembre de 1992)

Tipo de Beneficio	Monto en millones de \$
Costo evitado en consultas por enfermedades respiratorias	1.132
Costo evitado en hospitalizaciones	140
Costo evitado por ausentismo laboral	1.239
Costo total evitado	2.511

4. Resumen y conclusiones

En este trabajo se ha realizado una estimación gruesa de los potenciales beneficios en salud de reducir la contaminación atmosférica en la ciudad de Santiago. Al hacerlo se han considerado sólo algunos de los efectos sobre la morbilidad dejando afuera otros posibles sobre la mortalidad y otros efectos adversos que la contaminación tiene sobre el bienestar de las personas.

El estudio tiene dos partes claramente separables. En la primera se intenta obtener una medida de la sensibilidad de las consultas por enfermedades respiratorias frente al PM10, controlando por variables climatológicas. En la segunda parte, se utiliza la elasticidad estimada en la primera, para tratar de cuantificar los beneficios econó-



micos de reducir la contaminación en un 50%, que es aproximadamente lo que se hubiera requerido el año 1988 para alcanzar la norma anual de PM10. Se pudo estimar tan sólo tres costos: por consulta, por hospitalización y por ausentismo laboral. El beneficio total, estimado como los costos evitados por la reducción de PM10, ascendió a \$2.511 millones expresados en pesos de diciembre de 1992

Por último, el objetivo fundamental de este ejercicio ha sido mostrar que este tipo de análisis arroja resultados que pueden ser de enorme utilidad para la toma de decisiones en materia de descontaminación ambiental. Hay varias direcciones en que este tipo de análisis podría ser refinado al contar con datos más actualizados y completos. Sería útil hacerlo.

Apéndice 1 Descripción de los datos epidemiológicos y de contaminación

Los consultorios incluidos son: Dr. Hernán Alessandri, en Providencia; Independencia, en Conchalí; Monjitas, en Santiago; Dr. Carlos Avendaño, en Pudahuel, y Dr. Anibal Ariztía, en La Reina.

La enfermedades respiratorias son:

Rinofaringitis Aguda (CIE 460)
Sinusitis Aguda (CTE 461)
Faringitis Aguda (CIE 462)
Laringo-traqueítis Aguda (CIE 464)
Inflamación Aguda de las Vías Respiratorias (CIE 465)
Bronquitis no Especificadas (CIE 490)
Bronquitis-Bronqueolitis (CIE 466)
Asma Bronquial (CIE 493)
Neumonías y Bronconeumonias (CIE 480-483,485,486).

Además, las consultas estaban clasificadas en 7 grupos etéreos: de 0 a 1 año, de 1 a 2 años, de 2 a 5 años, de 6 a 14 años, de 15 a 19 años, de 20 a 64 años y 65 y más años.


Los datos de contaminación se obtuvieron del Sistema MACAM de Medición de Contaminantes Atmosféricos. Este sistema consta de estaciones de monitoreo que entregan mediciones horarias —en 1988, entre lunes y viernes— de monóxido de carbono, dióxido de



nitrógeno, ozono, anhídrido sulfuroso y partículas en suspensión separadas en fracción gruesa y fina. Cada una de estas estaciones se encuentra en las cercanías de uno de los consultorios señalados anteriormente. Las estaciones de monitoreo están distribuidas geográficamente del siguiente modo:

Estación MACAMA	:	Zona Central Centro
Estación MACAMB	:	Zona Central Oriente
Estación MACAMC	:	Zona Central Norte
Estación MACAMD	:	Zona Central Sur
Estación MACAM Móvil	:	Zona Oriente

Los datos de temperatura y humedad provienen de estas estaciones de monitoreo, excepto aquella asociada al consultorio Monjitas. Para la temperatura también se utilizó información proveniente de una estación meteorológica localizada en la Quinta Normal.



Normas de emisión y de calidad ambiental y su influencia en el comercio internacional.

El caso de México y Estados Unidos

Jaime Solari

Jaime Solari es Ingeniero Civil, Ph. D. Jefe de la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería. Profesor de la Universidad de Chile. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

Resumen

Se analiza el Tratado de Libre Comercio (TLC) entre México y los Estados Unidos, con el objeto de examinar el enfoque utilizado para abordar la protección ambiental en situaciones de apertura comercial entre países con normativa ambiental distinta. Para ello, se presentan los aspectos ambientales más relevantes contenidos en el TLC, y se discute la influencia que tendrá la apertura comercial sobre las normas ambientales que regulan la actividad económica en los países signatarios del Tratado.

Del análisis se concluye que el TLC no propone una regulación ambiental común, ni somete a negociación la normativa ambiental interna de cada país. Sin embargo, se establecen normas que restringen el intercambio comercial con el objeto de proteger el medio ambiente, la vida y la salud humana, animal y vegetal, las condiciones sanitarias y fitosanitarias, y la preservación y conservación de ciertos recursos naturales en los países firmantes.

Las restricciones comerciales se expresan mediante normas de calidad de bienes y servicios, las cuales representan el nivel de protección que cada país desea adoptar para sí, y que es verificable científicamente por el método de evaluación de riesgos. La posibilidad de que estas normas se transformen en barreras proteccionistas al comercio está cautelada por un sistema de resolución de controversias, en el que un tribunal decide si las normas cumplen el objetivo de protección estipulado por el país importador, si son discriminatorias, y si constituyen una barrera disfrazada al comercio.

Finalmente, con base en la experiencia mexicana, se propo-

nen algunas medidas, en el caso de que Chile decida negociar un TLC con los Estados Unidos, con el objeto de responder a las demandas que puedan surgir desde grupos de presión ambientalistas en ese país.

1. Marco general

Los gobiernos de México, Canadá y Estados Unidos anunciaron el 12 de agosto de 1992 que las negociaciones que permiten la incorporación de México al NAFTA (North American Free Trade Agreement) habían concluido. El 17 de diciembre de 1992 fue suscrito el NAFTA (o Tratado de Libre Comercio, TLC), y si se sigue el cronograma original, el Congreso debiera votarlo en junio de 1993.

La zona de libre comercio creada por el TLC será la mayor y más rica del mundo, con 360 millones de consumidores y alrededor de 6 trillones (10¹²) de dólares de producto anual. El tratado permitirá un aumento en el flujo de bienes y servicios entre los países mediante reducciones tarifarias y eliminación total o parcial de barreras no tarifarias al comercio, y fomentará las inversiones de los países signatarios. Se presume que el TLC promoverá crecimiento adicional en las tres economías y que las empresas de estos países verán robustecida su capacidad para competir globalmente. Además, si el tratado tiene éxito, podría servir como un modelo para incorporar a otras economías latinoamericanas.

Como es sabido, la decisión de suscribir un TLC con México ha provocado polémica en la opinión pública norteamericana. Personeros del Congreso cuestionaron la decisión del Gobierno del ex Presidente Bush debido a las implicancias en materia económica, laboral y ambiental. El Presidente Clinton ha apoyado el TLC con reservas, al insistir que deben negociarse acuerdos complementarios en cuestiones laborales y ambientales.

Los argumentos contra el TLC en los EE.UU. son básicamente los siguientes:

- a) Debido a que los estándares ambientales y laborales, así como su fiscalización, son menores en México, esto incentivará las importaciones desde ese país, con pérdida de competitividad para la industria doméstica (argumento *del dumping* ecológico).



- b) Habría un flujo de inversiones hacia México con el objeto de evadir las estrictas regulaciones ambientales y laborales estadounidenses, lo que significará pérdida de empleos en ese país (argumento de la relocalización de inversiones).
- c) El libre comercio lleva implícito competir de acuerdo a estándares similares. Las ventajas económicas del TLC para los EE.UU. puede conducir a relajar los estándares ambientales norteamericanos para conseguir concesiones de tipo comercial (argumento de que el denominador común más bajo impone las normas ambientales).
- d) El aumento del comercio con México ejercería elevadas presiones ambientales sobre el área fronteriza México-EE.UU., zona que ya presenta problemas agudos de contaminación de aire, aguas y suelo, de disposición de residuos peligrosos, y de calidad de vida en general (argumento del aumento de la contaminación y de su exportación).

Con el objeto de contrarrestar la oposición al TLC, ambos gobiernos se comprometieron a abordar, por separado, los aspectos laborales y ambientales del Tratado. Para ello, se establecieron grupos separados de negociación, y se acordó declarar que los temas ambientales estaban fuera de la mesa de negociación comercial.

En materia ambiental, los gobiernos de México y EE.UU. se comprometieron a desarrollar un «Plan integrado de protección del medio ambiente en el área fronteriza»¹ destinado a enfrentar la contaminación del aire y del agua, los residuos peligrosos, los derrames químicos, los pesticidas y a mejorar la fiscalización.

Además, el gobierno del Presidente Bush se comprometió a realizar una «Revisión de los temas ambientales entre México y USA»,² en consulta con miembros interesados del público, con énfasis en los posibles efectos ambientales del TLC, con el objeto de que los negocia-

¹ Véase US/EPA y Mexico/SEDUE. *Integrated Environmental Plan for the Mexican - US Border Area, First Stage (1992-1994)*. 1992.

² Véase United States Trade Representative. *Review of US-Mexico Environmental Issues*. Washington, USA, octubre 1991.

dores estadounidenses los tuvieran presentes durante las negociaciones y en otras reuniones bilaterales.

Para conocer el rango de temas e intereses económicos, laborales, y ambientales que el gobierno norteamericano ha debido abordar con México para dar satisfacción a los opositores al TLC es fundamental conocer la posición oficial del gobierno del Presidente Bush,³ enunciada en carta al Congreso en 1991, con motivo de la discusión sobre la extensión del período de «carril rápido». Este documento se reproduce en el Anexo I de este trabajo.

Sin embargo, la fuerte presión interna norteamericana ha significado que, efectivamente, el Tratado estipule una política comercial en la cual se pueden establecer limitaciones al comercio en función del cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental de cualquier país signatario del NAFTA.

Cualquiera sea la suerte del Tratado, el objetivo de este trabajo ha sido examinar cómo se ha abordado la cuestión ambiental en el NAFTA, en particular respecto de las restricciones ambientales al comercio, a la influencia del TLC sobre las normas ambientales que regulan la actividad económica en México y EE.UU., y, finalmente, a las eventuales consecuencias y lecciones para Chile en la eventualidad de negociar un TLC con los Estados Unidos.

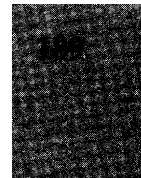
Para realizar este trabajo se contó con el resumen del TLC divulgado por los gobiernos signatarios; se mantuvieron conversaciones con altos funcionarios del Instituto Nacional de Ecología en Ciudad de México en agosto de 1992, y se contó con la asesoría del Centro de las Naciones Unidas para las Corporaciones Transnacionales.

2. Aspectos de relevancia ambiental contenidos en el TLC

El documento divulgado por los gobiernos de México, Canadá y Estados Unidos, que resume el Tratado de Libre Comercio de América del Norte,⁴ contiene un capítulo final que resume las

³ Véase Presidente Bush. «Response of the administration to issues raised in connection with the negotiation of a North American Free Trade Agreement». Washington, D. C., *Letter to the Congress*, mayo 1, 1991.

⁴ Véase Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. «Tratado de Libre Comercio entre México, Canadá y Estados Unidos». Mensaje Presidencial y Resumen Oficial. México, 13.08.92.



disposiciones sobre medio ambiente. Este capítulo se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 1 RESUMEN DE LAS DISPOSICIONES SOBRE MEDIO AMBIENTE
EN EL TLC

Los tres países miembros del TLC se han comprometido a aplicar y administrar el Tratado de manera compatible con la protección de medio ambiente, así como a impulsar el desarrollo sostenible. Las disposiciones específicas del Tratado en la materia se fundamentan en estos compromisos. Por ejemplo:

- Las obligaciones comerciales de los tres países derivadas de convenios internacionales determinados sobre especies en vías de extinción, sustancias que dañan la capa de ozono y desechos peligrosos prevalecerán sobre las disposiciones del tratado, sujeto al requisito de minimizar la incompatibilidad de estos convenios con el TLC. Con ello se asegura que el TLC no limite el derecho de cada país para adoptar medidas conforme a dichos convenios.
- En el tratado se confirma el derecho de cada país para determinar el nivel de protección que considere adecuado para el medio ambiente y para la vida o salud humana, animal y vegetal.
- En el tratado también se establece claramente que, para asegurar el nivel de protección, cada país podrá adoptar y mantener normas sanitarias y fitosanitarias, incluyendo algunas que pudieran ser más estrictas que las internacionales.
- Los tres países trabajarán conjuntamente para mejorar el nivel de protección del medio ambiente y la vida y salud humana, animal y vegetal.
- En el tratado se dispone que ningún país miembro deberá disminuir el nivel de protección de sus normas de salud, seguridad o medio ambiente, con el propósito de atraer inversión.
- En los casos de controversias comerciales relacionadas con las normas de un país determinado y con implicancias en el medio ambiente, este país podrá optar por que se remita el caso a los mecanismos de solución de controversias del Tratado, en lugar de recurrir a los establecidos en otros acuerdos comerciales. Los países también dispondrán de esta opción en controversias sobre medidas comerciales derivadas de convenios internacionales en materia de medio ambiente.
- Los tribunales para la solución de controversias conforme al Tratado podrán solicitar asesoría de científicos, incluyendo aquéllos en materia ambiental, sobre asuntos referentes a medio ambiente, normas y otros de índole científica.
- Dentro del proceso de solución de controversias el país demandante tendrá la carga de probar que una medida en materia ambiental o de salud adoptada por un país miembro del TLC, es incompatible con el tratado.

No obstante ese resumen de disposiciones ambientales, el medio ambiente, la vida y salud humana, animal y vegetal, la conservación de recursos naturales, la aplicación de normas sanitarias y fitosanitarias y otros temas de relevancia ambiental aparecen mencionados también en otros capítulos del TLC. En el Anexo 2 se presenta un *extracto textual del resumen del TLC*, donde constan todos aquellos ítemes que, en opinión del autor, tienen relevancia ambiental.

3. Análisis de las disposiciones ambientales contenidas en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte

Del conjunto de disposiciones ambientales enunciadas en el resumen del TLC, extractadas en el Cuadro 1 y en el Anexo 2 de este trabajo, así como de otros antecedentes, se han obtenido las siguientes conclusiones generales:

3.1. El Tratado no establece directrices ambientales, o una normativa ambiental común, a los países signatarios

La regulación ambiental, interna de cada país o común a los tres, no formó parte de las negociaciones del Tratado, vale decir que en el TLC no se estipula, por ejemplo, cuáles deben ser las calidades del aire o del agua en los tres países, o cuáles deben ser las mínimas regulaciones que deben cumplirse respecto del manejo de residuos sólidos en cada país, o si deben haber normas comunes en Norteamérica para la cosecha de los recursos naturales renovables, o las normas de emisión de contaminantes que los procesos productivos e industriales deben cumplir en cada país.

Existen varias razones que justifican este proceder. En primer lugar, es muy difícil negociar normas ambientales entre países sin interferir con las realidades legales, políticas, económicas y sociales de cada uno. Esta consideración es aún más relevante en el caso del TLC, pues Canadá, México y los EE.UU. ya cuentan con una profusa normativa ambiental.

Desde el punto de vista práctico, la complejidad de entrar a modificar delicados acuerdos nacionales sobre medio ambiente habría implicado que la negociación de libre comercio tendría que haber que-



dado supeditada a la velocidad con que se hubiera avanzado en el terreno ambiental. En este sentido, la decisión de dejar fuera de la negociación las regulaciones ambientales internas a cada nación no pudo ser más atinada.

Sin embargo, la razón más importante para omitir la regulación ambiental en el TLC es la duda razonable de muchos políticos y economistas respecto de si el comercio internacional debe ser utilizado como un instrumento para influir sobre la regulación ambiental en el ámbito nacional e internacional.

O sea, si los ciudadanos de un país son afectados por las externalidades ambientales de otro (emisiones de gases contaminantes, por ejemplo), el gobierno afectado ¿debe presionar por un control ambiental de tipo internacional o debe aplicar restricciones unilaterales al intercambio comercial con ese país?

Frente a este dilema, los países y la comunidad internacional están prefiriendo explicitar y separar lo que es regulación ambiental de lo que es comercio internacional. Es sintomático que en el Tratado se establezca que las medidas internas que los países signatarios adopten, en virtud de las convenciones y tratados internacionales de tipo ambiental que hayan suscrito, prevalecerán sobre las disposiciones del TLC.

Esto no significa dudar de la economía de mercado. No cabe duda que los mercados son el mejor instrumento para asignar recursos y determinar la calidad de los bienes y servicios que se transan, pero es necesario reconocer que, hasta ahora, no han podido dar cuenta del desafío de producir bajo condiciones sustentables o sin contaminar, a menos que: a) existan regulaciones impuestas por el Estado, o b) que los derechos de propiedad estén bien definidos, incluyendo los componentes ambientales.⁵

De hecho, los pocos tratados y convenios internacionales de tipo ambiental que existen, han sido suscritos para regular actividades económicas que estaban fuera de control, en cuanto a su impacto ambiental a nivel internacional (comercio de especies en peligro, comercio en productos de la ballena, comercio en sus-

⁵ Véanse Eskeland, G. S. y Jiménez E. «Policy Instruments for pollution control in developing countries». *Research Observer*, 7(2), julio 1992; Kass, S. y Gerard, M. «International Trade», *New York Law Journal*, 24.08.92; Gómez-Lobo, A. «Las relaciones económicas internacionales y el medio ambiente». *Cono Sur*, XI, N° 1, 1991.

tancias que dañan la capa de ozono, control de la contaminación transfronteriza, regulación de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, etc.).

3.2. Los países signatarios acuerdan tender a una mayor compatibilidad y armonización de las normas

No obstante la ausencia de una normativa ambiental común a los países signatarios, en el TLC se emite una señal de largo plazo en el sentido de que los tres países trabajarán conjuntamente para compatibilizar las normas técnicas que afectan o regulan el comercio entre ellos, como una forma de facilitar el intercambio comercial y reducir los costos asociados a tener que cumplir con normativas diferentes en cada país.

Este acuerdo comprende las normas y reglamentaciones técnicas, los procesos de normalización y aquellos que determinan si las normas adoptadas se cumplen.

Para ello se fortalecerán los mecanismos de cooperación técnica y se crearán grupos de trabajo específicos, a los cuales se podrá invitar a participar a científicos y a representantes de ONGs de los tres países.

3.3. El Tratado establece una política ambiental y normas de calidad para regular el libre comercio

El TLC contiene una serie de disposiciones que proveen de un marco ambiental al libre comercio. Estas medidas y disposiciones constituyen, en la práctica, una política ambiental que se traduce en normas específicas para regular el intercambio comercial.

El compromiso declarado del TLC es promover el desarrollo sustentable en la región. Los tres países aspiran a mejorar el empleo, el crecimiento económico, la competitividad y la inversión, en forma congruente con la protección del medio ambiente de Norteamérica.

Este compromiso, que se le exige especialmente a México, se demuestra mediante una gestión ambiental de cada Estado que incluye la dictación de leyes y normas, la creación de instituciones y

mecanismos de fiscalización, la adopción de medidas concretas, la asignación de recursos económicos, y la capacitación de recursos humanos para proteger el medio ambiente. Además, se contempla una serie de acuerdos bilaterales entre México y los EE.UU. para enfrentar los aspectos ambientales más conflictivos entre ambos países.⁶

Sin este respaldo político no sería posible defender ante las ONGs ambientalistas/los grupos de presión y sus representantes en el Congreso, el enfoque adoptado en el TLC respecto de la protección ambiental en Norteamérica.

Por otro lado, es importante destacar que las normas que se establecen en el TLC para regular el libre comercio se basan en la calidad de los productos y servicios que se transan en los mercados. O sea, «para el intercambio comercial lo más importante es asegurar que la calidad de los productos y servicios sea compatible con las exigencias del consumidor».

Se pueden adoptar normas para restringir el comercio en virtud de la protección de la vida o la salud humana, animal y vegetal; la conservación de los recursos naturales; la promoción de la seguridad; la protección del medio ambiente, y la protección de los consumidores.

El TLC establece que estas normas se fijarán de acuerdo a criterios estrictamente nacionales, para establecer niveles de protección que cada país considere adecuados y que sean verificables con evaluaciones de riesgo que garanticen que se cumplan esos niveles.

No obstante, cada país podrá usar las normas internacionales que existan si lo estima conveniente para sus objetivos. Más aún, cada país podrá adoptar un nivel de protección más estricto que los de las normas internacionales si lo estima apropiado para sus intereses.

Finalmente, el TLC establece que ningún país podrá reducir sus normas de salud, seguridad o ambientales para atraer inversión, exigencia sobre la cual los tres países se consultarán.

En el contexto de los acuerdos anteriormente descritos, el proceso de adopción de normas técnicas, sanitarias, fitosanitarias, de seguridad y ambientales, pasa a revestir carácter crítico, pues son estas

⁶ Véanse Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. *Aspects of the environmental situation in México and related policies*. México, abril 1991; Kelly, M. E., Kamp, D.; Gregory, M., y Rich, J. «US-Mexico free trade negotiations and the environment: Exploring the issues». *The Columbia Journal of World Business*, 1991.

normas las que se podrían utilizar para establecer barreras no arancelarias al comercio.

Las disposiciones sobre normas en el TLC se pueden resumir de la siguiente forma:

- Cada país tiene la libertad para establecer las normas que estime convenientes, pero será muy difícil relajarlas una vez fijadas por primera vez. Por el contrario, ellas serán cada vez más estrictas.
- La adopción de normas deberá ser motivo de un proceso con base científica o derivado de alguno que la tenga. Para ello, los países deberán robustecer su capacidad científica y fiscalizadora.
- Para exportar se deberá estar dispuesto a producir bienes y servicios de acuerdo a las normas de calidad más estrictas del mercado norteamericano o internacional. El hecho que los mercados sean más «verdes» impulsa a producir más limpio. En este sentido, varios estudios confirman que la liberalización del comercio internacional ayuda a descontaminar el medio ambiente.⁷
- El argumento de la relocalización de inversiones para aprovechar regulaciones y normas ambientales más laxas tiene comparativamente poca importancia en el comercio internacional, frente a la enorme relevancia que adquieren las normas de calidad de productos como reguladores de las exportaciones.
- Cada país debe definir los niveles de protección del medio ambiente, de la vida y de la salud humana, animal y vegetal, y de los consumidores, que desea adoptar. El hecho que esto sea realizado con base en la técnica de evaluación de riesgos permite comparaciones entre países.

⁷ Véanse Kelly, M. E., Kamp, D.; Gregory, M., y Rich, J., *op cit.*; Gómez-Lobo, A. «La iniciativa para las Américas, acuerdos de libre comercio y el medio ambiente». FLACSO/CIEPLAN, Santiago, Chile, N° 5, febrero 1992; Schmidheiny, S. «Oportunidades económicas de los Estados Unidos de América en Acuerdos Ambientales Globales». Conferencia dictada al Consejo Científico de la Smithsonian Institution, marzo, 1992, Washington, EE.UU.

3.4. La normalización en los países signatarios no será usada para establecer barreras disfrazadas al comercio

El derecho de cada país para determinar —mediante normas de calidad de bienes y servicios— el nivel de protección que considere adecuados para el medio ambiente y para la vida o salud humana, animal y vegetal permite establecer barreras al comercio basadas en argumentos de tipo ambiental, sanitarios o fitosanitarios.

Si cualquier país signatario del TLC puede declarar que determinados productos no son aceptables debido a que constituyen riesgos inadmisibles al medio ambiente, a la seguridad, a los consumidores, o la vida y salud humana, animal o vegetal, ello puede ser un legítimo derecho basado en necesidades internas del país, o bien, un instrumento encubierto para proteger la industria doméstica de la competencia internacional.

Sin embargo, el hecho de que la aceptabilidad de ciertos productos o servicios se determine objetivamente a través del examen del cumplimiento de normas de calidad conocidas previamente reduce considerablemente la posibilidad de que se utilicen argumentos subjetivos para restringir el libre comercio.

La barrera proteccionista se puede establecer objetivamente exigiendo normas de calidad muy estrictas para los productos y los servicios que se importan. No obstante, el TLC señala que dichas normas:

- Deben fundamentarse en principios científicos y en una evaluación del riesgo.
- Deben aplicarse sólo en el nivel necesario para alcanzar el nivel de protección deseado.
- No pueden ser discriminatorias, y
- Deben perseguir un objetivo legítimo.

La pregunta crucial es entonces ¿cómo se dirimen en el TLC disputas relativas a barreras «encubiertas» al comercio?

Las disputas se pueden someter tanto al GATT como a tribunales arbitrales del propio TLC. Sin embargo, cuando se trate de materias relativas a normalización ambiental, salud o conservación, o por la aplicación de convenios ambientales, el «país demandado» puede

elegir que sea un tribunal del TCL el que dirima la controversia. Estos tribunales están compuestos mayoritariamente por expertos de los países contendientes, elegidos por «selección inversa» (véase capítulo pertinente en el Anexo 2 de este trabajo), y apoyados por comités científicos en cuestiones ambientales, técnicas y científicas.

En el documento resumen del TLC no se establecen los criterios bajo los cuales estos tribunales arbitrales tomarían decisiones sobre si una determinada norma constituye o no una barrera al comercio. En el GATT, existe un código de conducta para prevenir las barreras técnicas al comercio, el que incluye los estándares ambientales. El código establece que los estándares deben tener un objetivo legítimo (como proteger la salud o el medio ambiente), no pueden ser discriminatorios (deben ser válidos tanto dentro como fuera del país que los impone) y no pueden crear barreras innecesarias al comercio; vale decir, si existen alternativas para cumplir el mismo objetivo ambiental, se debe adoptar aquella que distorsione menos el comercio.⁸

Si se considera el hipotético caso de una controversia sobre una norma sanitaria o fitosanitaria adoptada por EE.UU. que fuera más exigente que las normas internacionales o que las de los otros países del TLC, ese país puede elegir un tribunal del Tratado para dirimir la controversia. Al menos dos de los cinco expertos en el tribunal serían escogidos por EE.UU.. Según el TLC, el país demandante debería probar que las normas no se fundamentan en principios científicos ni en una evaluación de riesgo, o se aplican en un grado superior al necesario para proporcionar el nivel de protección estipulado por los EE.UU. o bien son injustificadamente discriminatorias, o constituyen restricciones encubiertas al comercio.

Luego, reclamar la adopción de una norma requerirá de una importante dosis de argumentación científica. En principio, y dados los respectivos niveles de adelanto científico, no es difícil predecir que los otros países del TLC probablemente pierdan una disputa frente a EE.UU.

⁸ Véase Kass, S. y Gerard, M., «International Trade, *New York Law Journal*, 24.08.92.; García, R. «Comercio Internacional, Medio Ambiente y Desarrollo (I y II)». *El Diario*, 29 y 30 septiembre, 1992, Santiago, Chile.

3.5. La fiscalización de las normas y la mejoría de la calidad ambiental son un componente fundamental del TLC

Los países signatarios del TLC no sólo se comprometen a fiscalizar las normas que se dicten, sino que, además, se reservan el derecho de prohibir el ingreso de mercancías que no cumplan con dichas normas. Dado el aumento del flujo transfronterizo de bienes y servicios que generará el TLC, habrá que trabajar en conjunto para promover una mejor fiscalización de los estándares, sobre todo en México.

Esto incluye mejorar las capacidades fiscalizadoras, establecer programas de certificación de calidad, entrenamiento en inspección, monitoreo y verificación de normas. Además, EE.UU. se compromete a proveer de asesoría, intercambio de información y entrenamiento en metodologías analíticas, en interpretación de resultados de laboratorio, en instalar buenas prácticas de laboratorio, y en ayudar en la implementación de otros programas de inspección y cumplimiento de estándares.

Todo ello en el espíritu del trabajo conjunto de los países signatarios para mejorar el nivel de protección del medio ambiente, de la vida y la salud humana, animal y vegetal.

Paralelamente a la negociación del TLC, México se esmeró en mostrar ejemplos concretos de fiscalización de sus normas ambientales, clausurando algunas industrias contaminantes. La clausura definitiva de la refinería de PEMEX en Ciudad de México en 1990, por el Presidente Salinas de Gortari, fue una noticia de repercusión mundial y demostró la voluntad política del gobierno mexicano de enfrentar resueltamente sus problemas ambientales.

En 1992, al reformular la institucionalidad ambiental mexicana, se creó la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, con el objeto de fiscalizar el cumplimiento de las leyes, normas y programas ambientales en el país, y de representar y velar por los intereses de la población en asuntos de protección ambiental. Este organismo —nuevo en el ordenamiento jurídico mexicano— depende del Secretario de Desarrollo Social, quien es ahora responsable por la protección, defensa y restauración del ambiente a nivel federal.

4. Análisis comparativo de normas ambientales entre México, EEUU, y Chile

Como se destacó en la sección anterior, las normas de calidad o de emisión no formaron parte de la negociación del TLC. Sin embargo, también es verdad que sin contar con mínimas regulaciones ambientales sería bastante difícil convencer a la opinión pública norteamericana del compromiso del gobierno de México con la protección del medio ambiente.

En este sentido, a mediados de 1992, México contaba con aproximadamente 90 normas ambientales, de las cuales el 13% era más estricto que las de EE.UU. y el 59% era equivalente. Existía el compromiso del gobierno de dictar 40 normas adicionales hacia fines de 1992 y promulgar 110 normas en el período 1993-1994.

Este esfuerzo de normalización ambiental se ejecuta a través del Programa Ambiental de México 1990-1994, con un presupuesto de US\$ 118 millones, financiado por el Banco Mundial y por el Global Environmental Facility. Además, se modificará la Ley de Metrología y Normalización, procedimiento por el cual deberán homologarse todas las normas técnicas (ambientales inclusive) hasta fines del año 1993. Las que no fueren homologadas en ese período dejarán de regir.

Otro elemento que merece ser destacado es que el proceso de normalización, vale decir, el proceso mediante el cual se adoptan normas ambientales, es diferente en México, Chile y EE.UU. La principal diferencia radica en cómo participan en el proceso normativo la autoridad legislativa y la autoridad reglamentaria. Por ello, no sería trivial negociar una normativa ambiental común entre países. (¿Cómo se negocia una norma que en un país es dictada por un ministerio y en el otro por el Congreso?).

4.1. Calidad de aire

En el Cuadro 2 se presenta una comparación de los valores de las normas de calidad del aire de contaminantes primarios en México, Chile y EE.UU. En general, se constata que las normas mexicanas son las más tolerantes, mientras que Chile las tiene más exigentes en dióxido de azufre, y EE.UU. es más estricto en material particulado respirable.



CUADRO 2 COMPARACIÓN DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

PAÍS	MATERIAL PARTICULADO Respirable		Dióxido de Azufre	Ozono	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Hidrocarburos Totales	Plomo
	Total	µg/m ³						
MÉXICO	275 (d)	150 (d)*	356-0,13 (d)	2 16-0,11 (h)	14872-13 (m8h)	395-0,21 (h) -	µg/m ³ -ppm	1,5 (3 meses)
EE. UU.	260 (d) 75 (mga)	150 (d) 50 (a)	1300 -0,5 (3h) 365-0,14 (d) 80-0,03 (a)	240-0,1 2(h)	10000-9(m8h) 40000-35 (h)	100-0,05 (maa)	160-0,24 (3h)	1,5 (3 meses)
CHILE	260 (d) 75 (mga)	150 (d)	NORTE/SUR 1000-0,37 7700-0,26 (h) 365-0,14 /260-0,10(d) 80-0,03 /60-0,02 (a)	160 -0,08 (h)	10000-9(m8h) 40000-35 (h)	470-0,25 (h) 300-0,16 (d) 100-0,05 (a)	160-0,24 (3h)*	

(h) media horaria
 (d) media diaria
 (a) media anual
 (3h) media de 3 horas
 (mga) media geométrica anual
 (maa) media aritmética anual
 (m8h) media móvil de 8 horas

México cuenta con normas de emisión para una serie de industrias y procesos productivos, con una pequeña tolerancia por factores de localización. EE.UU. tiene normas de emisión basadas en la mejor tecnología disponible para todas las nuevas fuentes emisoras industriales (*new source standards*). Chile ha comenzado a fijar recientemente normas de emisión de efluentes gaseosos, pero solamente en zonas donde no se cumplen las normas de calidad del aire (Región Metropolitana, Chuquicamata, Ventanas).

4.2. Calidad de agua

En el Cuadro 3 se muestra una comparación entre México y EE.UU. de los valores de calidad de agua para elementos seleccionados. Ellas son, de modo general, comparables. En Chile sólo existen normas de calidad de agua para agua potable y riego agrícola. Estas últimas han sido copiadas de la EPA, por lo menos en cuanto a metales disueltos.

Respecto a normas de emisión, Chile no cuenta aún con ellas, aun cuando la Superintendencia de Servicios Sanitarios ha enviado recientemente una proposición en este sentido al Instituto Nacional de Normalización. Conceptualmente, la mayor diferencia con México (al igual que con EE.UU.) sería que estos países establecen normas de emisión por tipo de industria, mientras que en Chile la norma propuesta por la Superintendencia sólo discrimina en el tipo de vertido (a cuerpos de agua directamente, o a los sistemas de recolección de aguas servidas). Todo ello en línea con el menor nivel de desarrollo industrial de Chile, comparado con México y con EE.UU.

5. Consideraciones ambientales en la negociación de un Tratado de Libre Comercio Chile-Estados Unidos

No es parte del objetivo de este trabajo explicar cómo se organizaron el gobierno y el sector empresarial mexicano para enfrentar la negociación del TLC con EE.UU. Sin embargo, el conocimiento de la experiencia mexicana -guardando la debida distancia- es un buen punto de partida para enumerar sumariamente los probables aspectos ambientales que habría que considerar en un eventual Tratado de Libre Comercio entre Chile y EE.UU. Por ejemplo:



CUADRO 3 TABLA COMPARATIVA DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, NUEVO MÉXICO, EE. UU., DE LAS AGUAS PARA CONSUMO HUMANO, U. S. EPA Y DE LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA, MÉXICO

Todas las unidades están en mg/l, a menos que se especifique lo contrario. Los parámetros microbiológicos y orgánicos no están incluidos. Todas las estaciones indicadas consideran la protección a la salud, excepto aquellas seguidas por una letra (a) estándar estético o (f) estándar para irrigación.

PARÁMETRO	NUEVO MÉXICO EE. UU.	U.S. EPA (MAYO 1991)				CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA EN MÉXICO	
		LIMITE MÁXIMO	LIMITE MÁXIMO PROPUESTO	LIMITE MÁXIMO DESEABLE	RECOMENDACIÓN PARA LA SALUD PÚBLICA	FUENTE DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE MG/l	RIEGO AGRÍCOLA
INORGÁNICOS							
ALUMINIO	5.0(f)	0.005-0.2(a)			0.05(a)		0.02
AMONIO					30		0.1
ANTIMONIO			0.005	0.003	0.003		0.1
ARSENICO	0.1	0.05		7 millones			3000
FIBRA DE ASBESTOS/LITRO (largo 10 u. m.)	1.0	1.0	2	cero			1.0
BERILIO			0.001	cero			0.00007
BORO	0.75(f)				0.06		1.0
CADMIO	0.01	0.005		0.005	0.005		0.72
CLORATO					0.01		0.01
CLORURO	250	250					250
CLORO					1		147.5
DIOXIDO DE CLORO							
CLORITO					0.08		
CROMO	0.05	0.1		0.1	0.1		0.05
COBALTO	0.05						
COBRE		1.3		1.3			
COBRE (a)	1.0	1.0					1.0
FLUORURO	1.6	4.0					
FLUORURO (A)		2					1.5
FLUORURO (A)		15					
GROSSALFA (pci/l)	1.0	50		cero			0.1 Bq/l
GROSSALFA (pci/l)	0.05	0.3		cero			1.0 Bq/l
HIERRO	0.05	0.015		cero			0.3
PLOMO	0.2	0.05		cero			0.05
MANGANESO	0.002	0.002		0.002	0.002		0.1
MERCURIO	1.0				0.05		0.001
MOLIBDENO							

CUADRO 3 CONTINUACIÓN

PARAMETRO	NUEVO MÉXICO EE. UU.	U.S. EPA (MAYO 1991)			CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA EN MÉXICO		
		LIMITE MÁXIMO	LIMITE MÁXIMO PROPUESTO	LIMITE MÁXIMO DESEABLE	RECOMENDACIÓN PARA LA SALUD PÚBLICA	FUENTE DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE MG/l	RIEGO AGRÍCOLA
NÍQUEL	0.2(1)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01	0.2
NITRATO-N	10		10	10		5.0	
NITRATO-N	1		1	1		0.05	
NITRATO +NITRITO	10		10	10			
Ph (unidades)	6-9		6.5-8.5	ceró		5-9	4.5-9.0
RADIO (266 Y 228-pci/l)	30		5	ceró			
RADON	0.05		0.05	ceró		0.01	0.02
SELENIO	0.05		0.05	0.05	0.1	0.05	
PLATA (a)	0.1		0.1		20		
SODIO					17		
ESTRONCIO	600(a)		400	400	0.0004	5000	500
SULFATO			0.001	0.0005		0.01	
TALIO	1000		500	ceró		500	
SOLIDOS DISUELTOS							
TOTALES	5.0			ceró	0.02	5.0	2
URANIO					4		
VANADIO	100		5				
ZINC							

USO Y OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTÁNDARES

Todos los estándares de Nuevo México (N. M.) están en vigor, incluyendo aquellos para irrigación y estéticos. Los estándares estéticos «Secundarios» de U. S. EPA únicamente son límites recomendados para agua potable. Los estándares de Nuevo México son aprobados por la Comisión de Control de Calidad del Agua de N.M., excepto para el estándar 2-Metoxi-2-Metil Propano, el cual es aprobado por la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de N.M. EPA, se establecen, con un aceptable margen de seguridad, considerando que estos límites, pudieran provocar efectos a la salud hasta ahora desconocidos o prematuros. Los MGLG no toman en cuenta costos de tratamiento y no son obligatorios. Los límites máximos propuestos (PML), basados en la protección de la salud, y la obligatoriedad de los límites máximos (MCL), se establecen en la medida en que los MGLG sean factibles de alcanzar con el uso de la mejor tecnología, técnicas de tratamiento u otros medios. Las recomendaciones de salud (HA), de la U.S. EPA, han servido como guía técnica informal para apoyar a las oficinas Federales, Estatales y Locales responsables de proteger la salud pública; cuando se presentan derrames accidentales u ocurren situaciones de contaminación de cualquier otra índole. Por lo mismo, no deben interpretarse como estándares federales que sean obligatorios, ya que están sujetos a modificaciones, de acuerdo con los avances que en esta materia se susciten. Las HA se desarrollaron para exposiciones de 1 día, 10 días, 7 años o de por vida. Todas las HA indicadas anteriormente son para exposiciones de por vida, a menos que se indique lo contrario.

- Separar del tratado de libre comercio la regulación ambiental interna de cada país, por ser una materia con componentes no sólo económicos, sino también políticos, culturales y sociales, privativos de cada país.
- Definir en el TLC una política para el libre comercio entre los países signatarios, que contenga restricciones al comercio por motivos ambientales, de seguridad, culturales, y de protección de la vida y la salud humana, vegetal y animal. Lo dispuesto en el NAFTA en esta materia sería el *bottom-line* para dicha política, sobre todo si se considera la regla «adhesión» de dicho tratado.
- Evitar negociar sobre armonización de normas ambientales, pero estudiar la factibilidad de establecer estándares comunes mínimos de calidad de productos de exportación y criterios para la fiscalización y el cambio de dichos estándares.
- Contar con un programa de acercamiento y monitoreo de las señales y reacciones emitidas por representantes del Congreso, del sector privado y de las ONGs, respecto de los temas ambientales más conflictivos, sin ligar explícitamente este programa a la negociación del TLC.
- Disponer y difundir información clara sobre los temas de mayor interés ambiental en EE.UU. respecto de Chile. Estos son probablemente: conservación forestal; biodiversidad; tratamiento a los pueblos indígenas, impacto sobre el cambio climático global, impacto ambiental del desarrollo industrial, minero y energético; impacto de la pesca sobre los mamíferos marinos, pesticidas agrícolas, producción y confinamiento de residuos peligrosos.
- Realizar una revisión en cada sector, tanto a nivel del Estado como del sector privado, de los diferentes aspectos conflictivos que podrían surgir con motivo de la negociación del TLC.
- Divulgar lo que está haciendo Chile en cada uno de los temas conflictivos, dentro del programa mencionado en el punto 4. Este programa debe incluir presencia informativa, visitas e intercambio con personas influyentes, para presentar el caso chileno y destruir los mitos que pudieran existir. En lo posible, deben mencionarse acciones concretas y debe publicarse un documento (inglés/español) sobre los objeti-

vos de la gestión ambiental de Chile para la década 1990-2000.

- Explicar los mecanismos de fiscalización de las normas ambientales en Chile. Al igual que México, el país debe explicar los alcances y poderes de nuestra legislación, comparativamente con la norteamericana, para fiscalizar e incluso clausurar empresas si fuere necesario. El grado de cumplimiento de las normativas más importantes (DS N° 4, DS N° 185, Resolución N° 12.600) será el mejor parámetro para medir la eficiencia y el interés del Estado en fiscalizar la normativa ambiental.
- Mostrar ejemplos concretos de problemas ambientales y de contaminación que se han resuelto, como ejemplo de la voluntad política de Chile de proteger el medio ambiente.
- Trabajar, en forma paralela al TLC, en la elaboración de legislación y normativa ambiental, con el objetivo de poder mostrar que el impacto ambiental del sector productivo está bajo control en Chile, y que el libre comercio no ejercerá presiones indebidas sobre los recursos naturales por falta de regulación sobre su cosecha o por ausencia de derechos de propiedad bien definidos.
- Insistir en que la gestión ambiental del Estado contempla mecanismos de participación de la ciudadanía para conocer y ser consultado sobre las normas y leyes ambientales, y sobre el impacto ambiental de los proyectos de inversión.
- Contar con acuerdos de cooperación técnica en materia ambiental con la EPA de EE.UU., con Environment Canadá, y con el Instituto Nacional de Ecología de México, con el objeto de aprovechar la experiencia de estos países en la regulación y solución de los problemas ambientales.

6. Conclusiones

La política ambiental estipulada en el Tratado Norteamericano de Libre Comercio establece que el intercambio comercial debe regularse por la calidad de los bienes y servicios que se transan. La experiencia de México indica que Chile debe prepararse para un examen de su gestión ambiental, no sólo por parte de grupos ambientalistas

y de presión norteamericanos, sino también por ONGs nacionales, y por los propios negociadores del Tratado. Todo el esfuerzo que se haga para mostrar lo que se está realizando en el país en materia ambiental servirá para aumentar el apoyo a la negociación con EE.UU.

7. Agradecimientos

El autor desea agradecer la colaboración de quienes aportaron valiosa información para la realización de este trabajo: Arq. Rene Altamirano, Dr. Edmundo de Alba, Dr. Sergio Estrada, Dr. Hernando Guerrero, todos del Instituto Nacional de Ecología de México; y Susan Brandawyn, del UNCTC, Nueva York.

Anexo 1 Posición del gobierno norteamericano frente al TLC con México (Resumen de carta al Congreso del Presidente Bush de 01.05.91)

MATERIAS ECONÓMICAS

1. El TCL tiene un impacto económico positivo sobre la economía norteamericana que se refleja en aumentos en exportaciones, producción, empleo y en competitividad con la CEE y Japón.
2. Para evitar trastornos a industrias y trabajadores que producen bienes sensibles a las importaciones, las barreras tarifarias y no tarifarias se eliminarán gradualmente, de modo de conseguir un ajuste ordenado.
3. Para prevenir daños en casos aislados donde pueden ocurrir aumentos en las importaciones, el TLC incluirá un procedimiento para permitir reimposición temporal de tarifas y otras restricciones, particularmente en el caso de bienes perecibles.

4. Se negociarán reglas estrictas de origen, de modo que los beneficios del TLC no se extiendan a exportaciones desde terceros países con mínimas operaciones de ensamblaje en México.
5. En el diseño de estas reglas y procedimientos se consultará al sector privado y al Congreso.

MATERIAS LABORALES

1. No se esperan relocalizaciones de empleo sustanciales ni inmediatas. Sin embargo, el Gobierno incluirá provisiones en este sentido en el TLC, y trabajará con el Congreso para establecer un programa para proveer servicios efectivos a los trabajadores domésticos que puedan perder su trabajo como resultado del acuerdo con México.
2. Se ha acordado con México que la movilidad laboral y las leyes de inmigración norteamericanas no son parte de la negociación del TLC, con excepción de un estrecho margen para facilitar la entrada temporal de ciertos profesionales y gerentes.
3. Los derechos de los trabajadores y los estándares de salud ocupacional y de seguridad laboral mexicanos son más fuertes de lo que se piensa comúnmente en EE.UU., y esto incluye a los trabajadores de las maquiladoras. Además, los trabajadores mexicanos están más sindicalizados que los norteamericanos.
4. Es verdad que los problemas de fiscalización existentes se originan en escasez de recursos, pero el TLC aumentará el nivel de vida y creará los recursos necesarios para ello.
5. Se firmará un Memorándum de Entendimiento entre los respectivos Ministros del Trabajo, para la cooperación y acción conjunta en materias laborales, que podría ser implementado paralelamente con las negociaciones del TLC.



Se incluirían medidas relacionadas con la salud y la seguridad, condiciones de trabajo, estándares laborales y su fiscalización, conflictos laborales, estadísticas laborales y otras materias de interés común.

6. Los funcionarios mexicanos y estadounidenses ya han acordado proyectos conjuntos para abordar problemas específicos en materia de salud ocupacional y seguridad, trabajo infantil y estadísticas laborales.

MATERIAS AMBIENTALES

1, Introducción

- México y EE.UU. están comprometidos en un programa de cooperación económica que incentivará el crecimiento económico sostenido y la protección del medio ambiente en ambos países. Los dos gobiernos creen que ambos objetivos son complementarios y que deber ser perseguidos conjuntamente.
- México sabe que debe enfrentar enormes problemas ambientales que amenazan la salud y el bienestar de millones de mexicanos y está comprometido en proteger el medio ambiente. Además ha declarado que no aceptará inversiones que han sido rechazadas en EE.UU. o Canadá por razones ambientales. Para ello, ha comenzado a montar la estructura legal necesaria para proteger el medio ambiente. Sin embargo, México necesita además crecimiento económico para generar los recursos necesarios para transformar la voluntad en programas de acción.
- EE. UU. puede ayudar reforzando los programas de cooperación ambiental existentes entre ambos países y negociando un TLC que ayude al crecimiento de México. El Tratado es parte de la estrategia del Presidente Salinas para modernizar México. El comercio, no la ayuda, acercará a ambos países como vecinos que se tienen respeto mutuo.

— El rechazo del TLC significará —de hecho— una derrota de aquellos que presionan a México para que adopte una posición más ambientalista. Efectivamente, el gobierno mexicano tendrá menor apoyo para sus políticas de protección del medio ambiente si debe destinar los recursos a programas sociales preferentemente. Además el rechazo del TLC confirmará las sospechas de aquellos que argumentan que EE.UU. y otros países desarrollados están usando las materias ambientales para perpetuar la dependencia.

2. Las acciones de México y la cooperación México-EEUU, para la protección del medio ambiente.

- a) La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente fue dictada en marzo de 1988 con el objetivo de asegurar que hay base legal adecuada para proteger el medio ambiente. La ley recoge en gran parte la experiencia y la base legal de los EE.UU..
La ley cubre la contaminación del aire, aguas y suelos, la contaminación por residuos y materiales peligrosos, pesticidas y sustancias tóxicas, la conservación de ecosistemas y el uso racional de los recursos naturales. También establece sanciones administrativas y penas judiciales por el no cumplimiento de las normas ambientales.
Un elemento central es el requerimiento de evaluación de impacto ambiental para los nuevos proyectos de inversión, públicos y privados.
- b) Implementación y fiscalización de las regulaciones ambientales.
- c) La estrategia para combatir la contaminación en Ciudad de México.
- d) Los esfuerzos cooperativos para proteger el ambiente en el área fronteriza.

— La International Boundary and Water Commission



- El acuerdo ambiental del área fronteriza de 1983
 - El plan integrado de protección del medio ambiente en el área fronteriza, acordado en 1990 y complementado en 1991, destinado a enfrentar la contaminación del aire y agua, los residuos peligrosos, los derrames químicos, pesticidas y la fiscalización.
 - La cooperación multilateral.
- e) La cooperación México-EE.UU. en conservación.
- Conservación de la vida silvestre
 - Comercio internacional en vida silvestre
 - Parques
 - Bosques
 - Recursos marinos
 - Recursos atmosféricos
 - Protección de la capa de ozono.

3. Aumentar la participación pública informada

Es importante aumentar la comprensión de la relación entre el comercio y la protección ambiental. Para ello se invitará a representantes de las ONGs a participar en una serie de Comités asesores en política comercial. Mediante su participación y a través de las consultas que la EPA haga con ONGs, los representantes norteamericanos estarán asesorados en materias ambientales durante la negociación del TLC.

4. Revisión ambiental para la toma de decisiones

En consulta con miembros interesados del público, se completará una «revisión de los temas ambientales entre México y USA», con énfasis en los posibles efectos ambientales del TLC, para permitir que los negociadores norteamericanos consideren los resultados durante las negociaciones del TLC y en otras reuniones bilaterales.

5. Materias ambientales y comercio en el TLC

- a) EE.UU. planea incluir materias ambientales relacionadas

con el comercio en el TLC, y para ello se guiará por los siguientes principios.

- i) No habrá acuerdo para debilitar las leyes o regulaciones de salud o ambientales de EE.UU. en función del TLC y se mantendrá su fiscalización.
 - ii) No habrá acuerdo para debilitar los estándares de EE.UU. relativos a pesticidas, conservación de la energía, residuos tóxicos, salud y seguridad en el TLC y se mantendrá su fiscalización.
 - iii) EE.UU. mantendrá el derecho de cada país de desarrollar las medidas de verificación, dentro de su territorio, necesarias para la fiscalización de las normas técnicas y los estándares de protección de la salud y el medio ambiente, en forma coherente con los principios de la no discriminación.
 - iv) EE.UU. mantendrá la integridad de su proceso regulatorio, que se basa en la evidencia científica disponible, facilita la participación pública y es coherente con el principio de la no discriminación.
- b) Además, basado en la experiencia de otros acuerdos de libre comercio, EE.UU. negociará los siguientes componentes como parte integral del TLC:
- i) Mantener sus derechos, coherentemente con otras obligaciones internacionales, para limitar el comercio en ítemes o productos controlados por tratados internacionales de los cuales EE.UU. es parte, tales como:
 - Comercio en especies en peligro (CITES)
 - Comercio en productos de la ballena (IWC)
 - Comercio en CFCs y otras sustancias que amenazan la capa de ozono (Protocolo de Montreal)
 - ii) Mantener sus derechos a prohibir la entrada de bienes que no cumplen las normas de salud, seguridad, pesticidas, alimentos, fármacos, y ambientales, siempre y cuando dichas normas estén basadas en una metodología científica, no discriminen arbitrariamente contra las importaciones ni constituyan una barrera «disfrazada» al comercio.

- iii) Trabajar en conjunto para mejorar los estándares y regulaciones ambientales, de salud y seguridad de los productos, con base en metodología científica. Para ello, compartir la información técnica y científica para desarrollar una base común mejor para la dictación de estándares de salud, seguridad y ambientales. Se debe asegurar también la participación del público en el proceso regulatorio.
- iv) Trabajar en conjunto para promover una mejor fiscalización de los estándares. Esto incluye:
 - Reuniones conjuntas para discutir la mejoría de las capacidades fiscalizadoras, programas de certificación de calidad, entrenamiento en inspección, monitoreo y verificación.
 - Intercambio de información en metodologías analíticas y en interpretación de resultados de laboratorio.
 - Asesorar en programas de entrenamiento para instalar buenas prácticas de laboratorio, y ayudar en la implementación de otros programas de inspección y cumplimiento de estándares.

6. Esfuerzos cooperativos futuros para proteger el medio ambiente

Ya existe un conjunto de acuerdos en materia ambiental sobre los cuales se puede construir un esfuerzo cooperativo para el futuro. Sería un error cambiar este enfoque por uno que «dicte» el precio ambiental (o de admisión) para la cooperación económica. Al contrario, ese enfoque puede alienar a la opinión pública mexicana, la que desea limpiar el ambiente porque está en su propio interés. Los dictados ambientales serán resistidos pues cuestionan su propia voluntad de enfrentar el problema y serían visualizados como eco-proteccionismo.

La política norteamericana debe ser expandir los esfuerzos cooperativos en forma paralela al TLC, tanto con respecto a los acuerdos existentes como a nuevas iniciati-

vas. Todo esto en el espíritu de cooperación, reciprocidad y respeto mutuo.

- b) Se estima que se discutirán con México los siguientes arreglos ambientales cooperativos:
 - i) Medio Ambiente
 - a) Temas fronterizos
 - b) Fiscalización
 - c) Cooperación técnica y entrenamiento
 - ii) Conservación
 - a) Conservación de la vida silvestre
 - b) Parques y preservación de la naturaleza
 - c) Bosques y gestión forestal
 - d) Recursos marinos vivos
 - e) Cuerpo juvenil de conservación
- c) Acceso a la información y participación pública
 - i) Acceso público a los datos
 - ii) Procedimientos para investigación
- d) Mecanismo para consultas y disputas

Anexo 2 Extracto textual del resumen del TLC divulgado en agosto de 1992: Asuntos relacionados con el medio ambiente

Preámbulo

El preámbulo expone los principios y aspiraciones que constituyen el fundamento del Tratado. Los tres países confirman su compromiso de promover el empleo y el crecimiento económico, mediante la expansión del comercio y de las oportunidades de inversión en la zona de libre comercio. También ratifican su convicción de que el TLC permitirá aumentar la competitividad internacional de las empresas mexicanas, canadienses y estadounidenses, en forma congruente con la protección del medio ambiente. En el preámbulo se reitera el compromiso de los tres países del TLC de promover el desarrollo sostenible, y proteger, ampliar y hacer efec-

tivos los derechos laborales, así como mejorar las condiciones de trabajo en los tres países.

Objetivos y otras disposiciones mídales

Cada país ratifica sus respectivos derechos y obligaciones derivados del GATT y de otros convenios internacionales. Para efectos de interpretación en caso de conflicto, se establece que prevalecerán las disposiciones del Tratado sobre las de otros convenios, aunque existen excepciones a esta regla general. Por ejemplo, las disposiciones en materia comercial de algunos convenios ambientales prevalecerán sobre el TLC, de conformidad con el requisito de minimizar la incompatibilidad de estos convenios con el TCL.

Comercio de bienes

Restricciones a las importaciones y a las exportaciones. Los tres países eliminarán las prohibiciones y restricciones cuantitativas, tales como cuotas o permisos de importación que se aplican en frontera. Sin embargo, cada país miembro se reserva el derecho de imponer restricciones en frontera limitadas, por ejemplo, para la protección de la vida o la salud humana, animal o vegetal o del medio ambiente. Existen, además, reglas especiales que se aplican a productos agropecuarios, automotrices, energía y textiles.

Productos automotrices

Normas automotrices. En el TLC se constituye un grupo intergubernamental específico para revisar y elaborar recomendaciones respecto de normas automotrices a nivel federal en los tres países, incluidas las necesarias para lograr una mayor compatibilidad de las normas.

Energía y petroquímica básica

Cualquier restricción a la importación o exportación de energía se limitará a ciertas circunstancias específicas, como la conservación de los recursos naturales agotables, el manejo de una situación de escasez, o la aplicación de un plan de estabilización de precios.

Cuando un país signatario imponga una restricción de esta naturaleza, no deberá reducir la proporción de la oferta total disponible

para el otro país signatario, por debajo del nivel de los últimos tres años o de otro período acordado; no impondrá a las exportaciones hacia otro país signatario un precio más alto que el interno; ni entorpecerá los canales normales de suministro. México por excepción no adquiere estas disciplinas y, por tanto, no tiene dichas obligaciones con los otros países miembros del TLC

Medidas sanitarias y fitosanitarias

Esta sección del TLC establece preceptos para el desarrollo, adopción y ejecución de medidas sanitarias y fitosanitarias, es decir, aquellas que se adopten para proteger la vida o la salud humana, animal o vegetal, de los riesgos que surjan de enfermedades o plagas de animales o vegetales o de aditivos o sustancias contaminantes en alimentos. Estos preceptos tienen como objetivo impedir el uso de medidas sanitarias y fitosanitarias como restricciones disfrazadas al comercio, salvaguardando el derecho de cada país de adoptar las medidas sanitarias y fitosanitarias para la protección de la vida o salud humana, animal o vegetal.

Principales derechos y obligaciones. El TLC confirma el derecho de cada país para determinar el nivel de protección sanitaria o fitosanitaria que considere adecuado y dispone que cada país puede alcanzar tal nivel de protección mediante medidas sanitarias y fitosanitarias que:

- se fundamenten en principios científicos y en una evaluación del riesgo;
- se apliquen sólo en grado necesario para proporcionar el nivel de protección determinado por un país, y
- no se traduzcan en discriminación injustificada o en restricciones encubiertas al comercio.

Normas internacionales. Con el propósito de evitar barreras innecesarias al comercio, el TLC alienta a los tres países a utilizar las normas internacionales relevantes para el desarrollo de sus medidas sanitarias y fitosanitarias. No obstante, permite a cada país adoptar medidas más estrictas que las internacionales, apoyadas en resultados

científicos, cuando sea necesario para alcanzar los niveles de protección que considere apropiados.

Los tres países promoverán el desarrollo y revisión de las normas sanitarias y fitosanitarias internacionales en el marco de las organizaciones de normalización, internacionales y de América del Norte sobre la materia, como la Comisión del Codex Alimentarius, la Oficina Internacional de Epizootias, la Comisión Tripartita de Salud Animal, la Convención Internacional para la Protección de las Plantas y la Organización de América del Norte para la Protección de las Plantas.

Armonización y equivalencia. Se ha acordado promover la equivalencia de las medidas sanitarias y fitosanitarias sin reducir el nivel de protección de la vida o la salud humana, animal o vegetal determinada por cada país. Cada uno de los países parte aceptará como equivalentes a sus medidas sanitarias y fitosanitarias las de otros países miembros del TLC, a condición de que el país exportador demuestre que sus medidas cumplen con el nivel adecuado de protección.

Evaluación del riesgo. El TLC establece preceptos para la evaluación del riesgo, que incluyen aquellos para la evaluación de la probabilidad de entrada, radicación o propagación de plagas y enfermedades. Las medidas sanitarias y fitosanitarias se fundamentarán en una evaluación del riesgo de la vida humana o la salud, animal o vegetal, tomando en cuenta las técnicas de evaluación del riesgo desarrolladas por las organizaciones de normalización internacionales o de América del Norte sobre la materia. Un país podrá conceder un período para que los bienes de otro país cumplan gradualmente con nuevas medidas, toda vez que ese período sea compatible para asegurar el nivel de protección sanitario o fitosanitario establecido por el país importador.

Adaptación a las condiciones regionales. Esta sección también contiene reglas para la adaptación de medidas sanitarias y fitosanitarias a las condiciones regionales, en particular las relativas a zonas libres o de escasa prevalencia de plagas o enfermedades. Un país exportador deberá demostrar objetivamente que los bienes que provienen de su territorio se originaron en zonas libres o de escasa prevalencia de plagas o enfermedades.

Transparencia en los procedimientos. Por lo general, el TLC establece una obligación de notificación previa a la adopción o modificación de cualquier medida sanitaria o fitosanitaria que pueda afectar el comercio en América del Norte. La notificación deberá señalar los bienes comprendidos, así como los objetivos y motivos de la determinación. Todas las medidas sanitarias y fitosanitarias se publicarán a la brevedad. Asimismo, cada país miembro establecerá centros de consulta que proporcionen información sobre tales medidas.

Procedimientos de control, inspección y aprobación. Se disponen también reglas sobre los procedimientos para garantizar el cumplimiento de las medidas sanitarias y fitosanitarias. Estas reglas permiten la operación continua de los procedimientos internos de control, inspección y aprobación, con apego a los principios de trato nacional, oportunidad y transparencia en los procedimientos, incluidos los sistemas nacionales para la aprobación del uso de aditivos o para el establecimiento de tolerancias en contaminantes en alimentos, bebidas y forrajes.

Asistencia técnica. Los tres países facilitarán la prestación de asistencia técnica relativa a medidas sanitarias o fitosanitarias, ya sea de manera directa o mediante las organizaciones de normalización pertinentes, internacionales o de América del Norte.

Comité de medidas sanitarias y fitosanitarias. Un comité de medidas sanitarias y fitosanitarias contribuirá a mejorar la seguridad de los alimentos y las condiciones sanitarias en la zona de libre comercio, a promover la armonización y equivalencia de las medidas sanitarias y fitosanitarias, y a facilitar la cooperación y las consultas técnicas, incluso las referidas a controversias en la materia.

Normas técnicas

Esta sección se refiere a las medidas de normalización, es decir, a las normas oficiales, a las reglamentaciones técnicas de gobierno y a los procesos utilizados para determinar si estas medidas se cumplen. Asimismo, reconoce el papel fundamental que tales medidas desempeñan en la promoción de la seguridad y en la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, del medio ambiente y de los consumi-

dores. Los tres países convinieron en no utilizar estas medidas como obstáculos innecesarios al comercio y por tanto colaborarán para mejorarlas y hacerlas compatibles en la zona de libre comercio.

Principales derechos y obligaciones. Cada país conservará el derecho de adoptar, aplicar y hacer cumplir sus medidas de normalización, para establecer el nivel de protección que desee alcanzar con ellas, y para llevar a cabo evaluaciones de riesgo que aseguren que se alcancen esos niveles. Adicionalmente, el TLC confirma los derechos y obligaciones de cada país derivados del Código de Barreras Técnicas al Comercio del GATT y otros convenios internacionales, entre los que se incluyen tratados en materia de medio ambiente y de conservación.

Se establecen obligaciones relacionadas con la aplicación de las medidas de normalización para agilizar el comercio entre los países miembros. Por ejemplo, cada país debe asegurar que sus normas otorguen trato nacional y trato de nación más favorecida. Esto es, garantizarán que los bienes y servicios de los otros dos países reciban un trato no menos favorable que los bienes y servicios similares de origen nacional, o los que provengan de otros países no miembros del TLC.

Normas internacionales. Cada país signatario del TLC usará las normas internacionales como base para sus medidas de normalización, siempre que éstas sean un medio efectivo y apropiado para lograr el cumplimiento de sus objetivos. Sin embargo, cada nación conserva el derecho de adoptar, aplicar y hacer cumplir sus medidas de normalización para alcanzar un nivel de protección más alto que el que se lograría con base en las medidas internacionales.

Compatibilidad. Los países miembros del TLC trabajarán de manera conjunta para incrementar el nivel de seguridad y protección de la salud, del medio ambiente y del consumidor. Asimismo, procurarán hacer compatibles sus medidas de normalización, tomando en consideración las actividades internacionales de normalización para facilitar el comercio y reducir los costos adicionales que surjan al tener que cumplir requisitos distintos en cada país.

Validación de la conformidad. Los procedimientos de validación de la conformidad se utilizan para verificar que se cumplan los requisitos establecidos por los reglamentos técnicos o las normas. El

tratado establece una lista detallada de las reglas que rigen estos procedimientos para asegurar que no se conviertan en obstáculos innecesarios al comercio entre los países miembros.

Transparencia en los procedimientos. En la mayoría de los casos, se establece la obligación de notificar con anterioridad a los otros países miembros del TLC la adopción o modificación de las medidas de normalización que pudieran afectar el comercio en América del Norte. La notificación deberá señalar los bienes y servicios comprendidos y los objetivos y motivos de la medida. Los otros países miembros, así como toda persona interesada en alguna medida en particular, podrán formular comentarios sobre la misma. Los tres países garantizarán que los centros de consultas establecidos para tales fines proporcionen información a los otros países miembros y cualquier persona interesada sobre las medidas de normalización.

Cooperación técnica. Los países signatarios se comprometen a proporcionar asesoría, consulta y asistencia técnicas según condiciones y términos mutuamente acordados, a solicitud, para mejorar las medidas de normalización. El Tratado exhorta a sus miembros a promover la cooperación entre los organismos de normalización de los tres países.

Comité sobre medidas de normalización. Un comité sobre medidas de normalización dará seguimiento a la ejecución y administración de esta sección del Tratado; impulsará la compatibilidad y la cooperación para el desarrollo, aplicación y cumplimiento de las medidas de normalización y apoyará la realización de consultas respecto de controversias que surjan en la materia. Se crearán, además, subcomités y grupos de trabajo para tratar temas específicos de interés. El tratado establece que estos subcomités y grupos de trabajo podrán invitar a participar a científicos y representantes interesados de organizaciones no gubernamentales de los tres países.

Transporte terrestre

Normas técnicas y de seguridad. Con base en el compromiso de los tres países para mejorar los niveles de salud y seguridad, y de proteger a los consumidores y el medio ambiente, los países miembros del TLC tratarán de hacer compatibles las normas relativas al autotransporte y a las operaciones ferroviarias, comprendiendo:

- vehículos, incluidos equipo como llantas y frenos, peso y dimensiones, mantenimiento y reparación y niveles de emisión;
- pruebas no médicas y licencias para conductores de camiones;
- normas médicas para conductores de camiones;
- locomotoras y otro equipo ferroviario y normas para personal operativo relevantes en las operaciones transfronterizas;
- normas relacionadas con el transporte de sustancias peligrosas, y
- señalización en las carreteras y cumplimiento de los requisitos de seguridad en autotransporte.

Acceso a información. Cada uno de los países establecerá centros que brinden información sobre transporte terrestre, en cuestiones como autorizaciones para operar y requisitos de seguridad.

Inversión

Inversión y medio ambiente. El Tratado establece que ningún país deberá reducir sus normas ambientales con el propósito de atraer inversiones y que los países consultarán sobre el cumplimiento de esta disposición. Asimismo, el TLC especifica que un país miembro podrá emprender las acciones correspondientes para la protección del medio ambiente, de conformidad con las disposiciones sobre inversión del tratado.

Procedimientos para la solución de controversias

El Tratado crea procedimientos efectivos y expeditos para la solución de controversias.

Selección del foro. En caso que una controversia pueda someterse tanto a instancias previstas por el GATT como a las que instituyen el TLC, el país demandante podrá elegir entre cualquiera de los dos foros. Si el tercer país desea someter el asunto ante un foro distinto, los dos países que actúen como demandantes en la controversia consultarán para llegar a un acuerdo sobre un foro único. Si estos países no llegaran a un arreglo, normalmente el procedimiento de solución de

controversias se llevará a cabo ante un tribunal arbitral establecido según las disposiciones del tratado. Una vez seleccionado el foro, éste será excluyente del otro.

Si una controversia se finca en cuestiones relativas a medidas de normalización en materia de medio ambiente, seguridad, salud o conservación, o si surge por aplicación de convenios ambientales específicos, el país demandado podrá determinar que la controversia se someta a un tribunal establecido conforme al TLC. Estas reglas también contemplan procedimientos para conocer de controversias sobre asuntos cubiertos por el Acuerdo de Libre Comercio (ALC) entre Canadá y Estados Unidos.

Procedimientos de los tribunales. Si el país demandante decide que el asunto se lleve a cabo mediante los procedimientos del TLC, puede solicitar el establecimiento de un tribunal arbitral. El tercer país también podrá participar como reclamante, o limitarse a presentar comunicaciones orales y escritas. Los tribunales deberán presentar conclusiones de hechos y determinar si la acción impugnada es incompatible con las obligaciones derivadas del TLC y pueden hacer recomendaciones para la solución de la controversia.

La tribunales serán integrados por cinco miembros, quienes serán elegidos normalmente de una lista acordada trilateralmente, formada por expertos, en materia jurídica y comercial u otras áreas relevantes, originarios de cualquier país, inclusive de un país no miembro del TLC. El tratado prevé una lista especial de expertos para el caso de controversias en materia de servicios financieros.

Para asegurar la imparcialidad del tribunal, los miembros que lo integren se seleccionarán mediante un proceso de «selección inversa»: el presidente será seleccionado en primera instancia, por acuerdo entre los países contendientes y, a falta de acuerdo, por un lado de la controversia, elegido por sorteo. El presidente no podrá ser ciudadano del lado que realice la selección, pero podrá ser ciudadano de un país no miembro del TLC. Luego, cada lado deberá seleccionar dos integrantes adicionales que sean ciudadanos del otro país o países del lado contrario. Cuando una persona que no esté incluida en la lista de miembros trilateralmente acordada sea seleccionada para integrar un tribunal, cualquier país con-

tendiente podrá ejercer una recusación sin expresión de causa contra tal persona.

Las reglas procesales, que la Comisión desarrollará con mayor detalle permitirán presentar comunicaciones escritas y réplicas, y otorgarán el derecho a, cuando menos, una audiencia. Para asegurar una pronta resolución de los conflictos, las reglas procesales establecen plazos estrictos. Un procedimiento especial permitirá que comités de revisión científica apoyen a los tribunales sobre cuestiones de hecho relativas al medio ambiente, normas técnicas y otros asuntos científicos pertinentes.

El tribunal deberá presentar un informe preliminar con carácter confidencial a los países contendientes, dentro de un plazo de 90 días a partir de la selección de sus miembros, salvo que los países en conflicto acuerden otra cosa. Estos, a su vez, tendrán 14 días para comunicar al tribunal sus comentarios respecto del informe. El tribunal presentará el informe final a los países contendientes en un plazo de 30 días a partir de la fecha en que se presentó el informe preliminar, y será entregado a la Comisión, la cual generalmente lo publicará.

Excepciones

Excepciones generales. Esta disposición permite a un país contratante adoptar medidas que afecten el comercio y que en otras circunstancias serían incompatibles con sus obligaciones, cuando lo haga para proteger intereses tales como la moral pública, la seguridad, la vida y la salud humana, animal y vegetal, o los tesoros nacionales o para conservar recursos naturales o para la ejecución de medidas en contra de prácticas engañosas o comportamientos contrarios a la competencia. Sin embargo, tales medidas no deberán resultar en discriminación arbitraria o en restricciones disfrazadas sobre el comercio entre los países del TLC.

Disposiciones finales

Adhesión. El TLC dispone que otros países o grupos de países podrán ser admitidos como miembros del tratado con el consentimiento de los países miembros, de conformidad con los términos y condiciones que éstos establezcan y una vez concluidos los procesos internos de aprobación en cada uno de ellos.



Evaluación de los instrumentos de política para el control de la contaminación por emisiones vehiculares utilizados en la Región Metropolitana

Juan Escudero y Alejandro Cofre

Juan Escudero Ortúzar es Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Science, Sistema de Transporte MTT. Estudios de Posgrado en Desarrollo Urbano, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Secretario Ejecutivo, Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana.

Alejandro Cofre Calafés Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile y Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Industrial de la misma universidad. Profesor part-time del curso de economía del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. Director Técnico de la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana y Coordinador Técnico del Programa de Control de Emisiones de Fuentes Fijas, programa conjunto del Servicio de Salud Metropolitana del Ambiente y de la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Situación geográfica

La ciudad de Santiago se encuentra ubicada en una cuenca rodeada por montañas, con bajas precipitaciones y gran estabilidad atmosférica (baja velocidad y turbulencia de vientos), con la constante presencia de una inversión térmica de altura. A esto se añade la aparición de inversiones térmicas radiactivas de superficie durante los meses de invierno. Estas condiciones se traducen en una insuficiente ventilación de la cuenca y una limitada capacidad de la atmósfera para diluir y dispersar los contaminantes emitidos por las distintas actividades que coexisten en la ciudad.

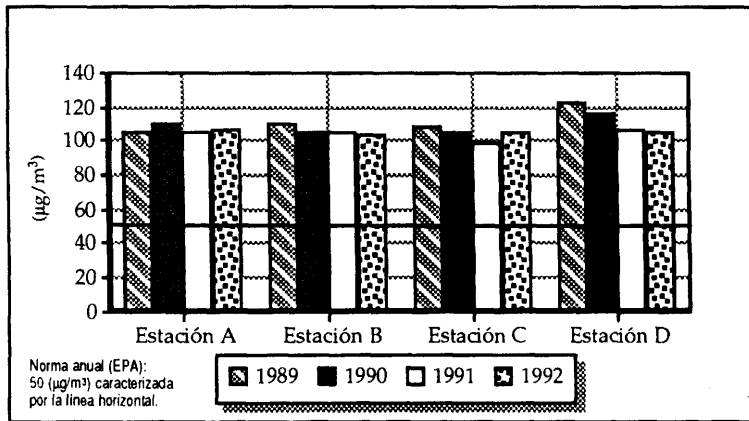
Las mencionadas condiciones son comunes para toda la macrozona central de Chile y hacen que la ciudad presente niveles de contaminación atmosférica que son desusadamente altos para una ciudad con sus niveles de emisión. Es decir, ciudades de países desarrollados cuyas actividades tienen emisiones mayores que Santiago, presentan calidades ambientales mucho mejores. Por lo tanto, para descontaminar Santiago es necesario efectuar inversiones y esfuerzos proporcionalmente mayores a los incurridos en ciudades de otras latitudes.

1.2. La contaminación atmosférica en la Región Metropolitana: período 1989-1992

El contaminante crítico en la ciudad de Santiago es el material particulado.

El Gráfico 1 muestra los promedios anuales para la fracción respirable de los años 1989 a 1992, calculados para las cuatro principales estaciones bases que monitorean la calidad del aire en la zona central de la ciudad.¹ Se observa que la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es superada ampliamente, con un promedio anual de PM_{10} 2,17 veces mayor que el valor de la norma. Se observa, además, que la Estación D, ubicada al suroriente del centro, registra las concentraciones más altas, con un promedio 2,31 veces mayor que la norma.²

GRÁFICO 1 PROMEDIOS ANUALES. FRACCIÓN RESPIRABLE (PM10)



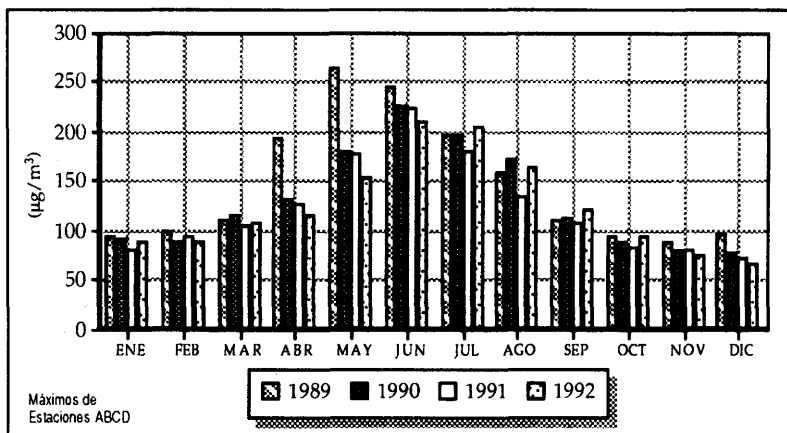
El Gráfico 2 muestra los promedios mensuales para los mismos datos de la concentración de fracción respirable. En este gráfico se visualiza una clara estacionalidad, en la que se obtienen los mayores valores entre los meses de abril y septiembre, en los cuales la norma de 24 horas, correspondiente a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es superada en forma frecuente. El número de días por mes en que esto ocurre puede ser observado en el Cuadro 1.³

¹ Datos producidos por la red automática de monitoreo de calidad del aire de la Región Metropolitana (MACAM), establecida en 1988 y operada por el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana.

² No es norma oficial chilena. Corresponde a la equivalente establecida por la EPA, Environmental Protection Agency, de Estados Unidos.

³ El índice de calidad del aire referido a partículas ICAP se calcula por

GRÁFICO 2 PROMEDIOS MENSUALES. FRACCIÓN RESPIRABLE (PM10)

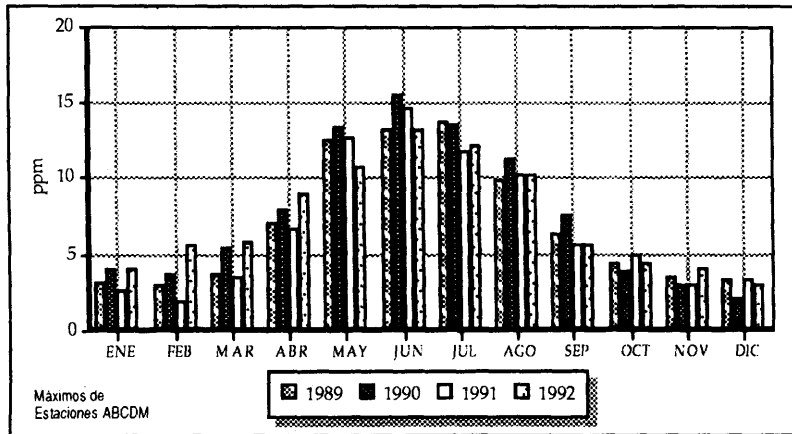


CUADRO 1 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE REFERIDO A PARTÍCULAS (ICAP) (Número de días por mes que se superan los índices señalados)

Meses	ICAP 100			ICAP 300			ICAP 500		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Abril	9	7	5	2	1	0	1	0	0
Mayo	18	16	12	5	6	2	1	0	0
Junio	25	19	19	11	9	9	3	1	0
Julio	24	17	24	8	5	6	0	0	3
Agosto	18	8	16	6	0	3	1	0	0
Septiembre	4	2	7	1	0	0	1	0	0
Octubre	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	69	84	33	21	20	7	1	3

interpolación lineal entre los siguientes valores: el ICAP 100 equivale a 150 µg/m³ correspondiente a la norma diaria; el ICAP 300 corresponde a una concentración de 240 µg/m³, y el ICAP 500 a 330 µg/m³.

GRÁFICO 3 PROMEDIOS MENSUALES. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

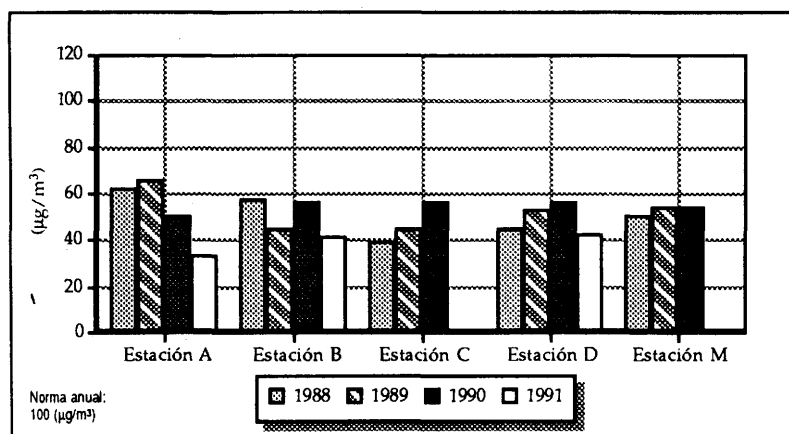


CUADRO 2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
(Número de días por mes que se superan los índices señalados)

Meses	ICAG 100			ICAG 300			ICAG 500		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Marzo	2	0	3	0	0	0	0	0	0
Abril	8	8	13	0	0	0	0	0	0
Mayo	24	21	16	0	0	0	0	0	0
Junio	24	22	20	2	2	0	0	0	0
Julio	22	24	22	0	0	0	0	0	0
Agosto	19	13	17	0	0	0	0	0	0
Septiembre	9	3	1	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	108	92	94	2	2	0	0	0	0

La contaminación por sustancias gaseosas es también considerable. El Gráfico 3 muestra los promedios mensuales de la concentración de monóxido de carbono, calculados a partir del máximo promedio móvil de 8 horas registrado diariamente en cada una de las cuatro estaciones monitoras. En este gráfico se visualiza una clara estacionalidad similar a la del PM10, con máximas en los meses de invierno. En el período de abril a septiembre, la norma (9 ppm) es superada en aproximadamente un 20% de los períodos de 8 horas. El Cuadro 2 presenta el número de días de cada mes en que se superan los índices de calidad del aire referidos a monóxido de carbono (ICACO), correspondientes a los tres últimos años.⁴

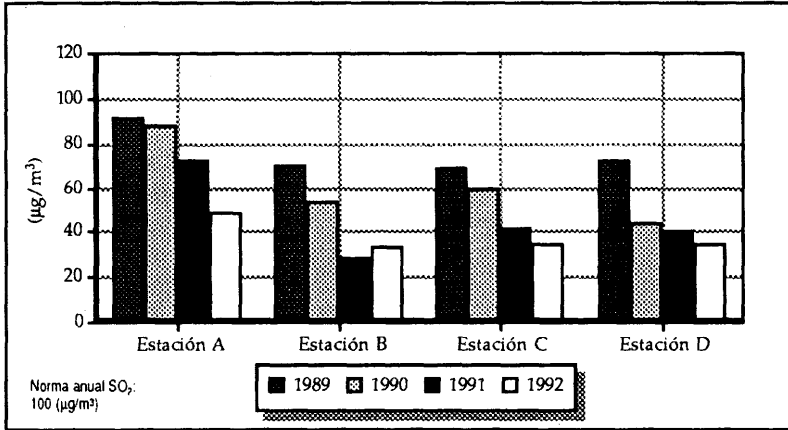
GRÁFICO 4 PROMEDIOS ANUALES. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)



El Gráfico 4 muestra los promedios anuales para el dióxido de nitrógeno (NO₂) de los cuatro últimos años, calculados para las mismas cuatro principales estaciones monitoras que cubren el centro de Santiago. Se observa que en el año con mayores índices, el promedio anual de 64 µg/m³ es inferior a la norma de calidad de aire (100 µg/m³).

⁴ El ICACO 100 equivale a la concentración que define la norma de 8 horas de 9 ppm. 30 y 50 ppm corresponden al ICACO 300 y 500, respectivamente, siendo definido el primero como crítico y el segundo como peligroso.

GRÁFICO 5 PROMEDIOS ANUALES. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)



El Gráfico 5 muestra los promedios anuales para el dióxido de azufre (SO₂) de los cuatro últimos años. Se observa que la norma anual de 80 µg/m³ sólo ha sido superada en una de las estaciones en los años 1989 y 1990. Problemas locales de mayor gravedad han sido observados en las inmediaciones de dos grandes fuentes industriales.

El monitoreo de oxidantes fotoquímicos, cuyos datos históricos son más breves y discontinuos, revela un problema de magnitud relativa comparable a la del monóxido de carbono, con la estacionalidad complementaria. Esto es, con máximas en los meses de verano.

1.3. Jerarquía de problemas

Al comparar las concentraciones de los distintos contaminantes medidos por la red MACAM con los índices de peligrosidad para la salud humana definidos en los Cuadros 1 y 2, se puede concluir que la ciudad de Santiago presenta diversos problemas de contaminación atmosférica que requieren la adopción de políticas específicas para su control:

- Material particulado, especialmente su fracción respirable (PM10), que ha sido asociada con graves efectos sobre la



salud de la población metropolitana.⁵ Este tipo de contaminación tiene su mayor expresión entre los meses de abril y septiembre.

- Monóxido de carbono (CO), en los mismos meses.
- Oxidantes fotoquímicos expresados, como el ozono (O₃),⁶ en los meses de verano.
- Óxidos de azufre que han sido detectados en concentraciones peligrosas solamente en términos locales y en clara asociación con fuentes identificables.

La naturaleza y gravedad de los citados problemas definen también la escala y urgencia de la acción requerida para abordarlos.

El material particulado —por los niveles de concentración alcanzados, los efectos que le han sido atribuidos y la amplitud del área impactada— amerita un plan de acción masivo y urgente, destinado a reducir sustancialmente las emisiones de todas las fuentes contribuyentes.

Los problemas de monóxido de carbono y ozono están en niveles tales, que una política de contención o disminución gradual parecen suficientes. Además, se verá a continuación que ambos tienen un origen común en los vehículos, cuyas tasas de crecimiento indican la conveniencia de iniciar estas acciones en forma inmediata.

Los problemas de óxidos de azufre, en cambio, presentan características que corresponden más bien al ámbito abordable por medidas puntuales, orientadas a las fuentes específicamente identificadas como responsables.

14. Participación de las fuentes móviles

El aporte a la contaminación del aire de Santiago atribuible a los distintos tipos de fuentes emisoras se presenta en el Cuadro 3.

⁵ Los efectos de la contaminación por partículas han sido investigados en: Estudio Epidemiológico sobre efectos de la Contaminación Atmosférica, Intendencia Región Metropolitana SERPLAC, diciembre de 1989, y Genotoxicidad de extractos orgánicos obtenidos del material particulado del aire de Santiago de Chile. Lionel Gil H. y otros. Depto. de Bioquímica, Fac. de Medicina. U. de Chile. *Rev. Chilena Enf. Respir.* 1991, 7 pp. 216-222.

⁶ Este es un contaminante secundario producido por la reacción de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en la presencia de radiación ultravioleta.

CUADRO 3 APOORTE PORCENTUAL PROMEDIO ANUAL DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Fuente	APOORTE A LA EMISION(1)					APOORTE A INMISIÓN PM10 (2)
	CO %	NO _x %	COV %	SO _x %	PM10 %	
Industria	10	8	29	82	20	6
Vehículos a gasolina	79	59	44	9	5	6
Vehículos diesel	2	31	4	4	19	71
Residencias y otros	9	2	23	5	7	2
Polvo natural	-	-	-	-	49	15

FUENTES: (1) Universo de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos e inventario real de emisiones para Santiago. IRM/Cade Idepe, 1989. (2) Caracterización físico/química de material particulado. SSMA/ U. de Chile, 1985.

Del cuadro anterior se infiere que en términos porcentuales el mayor aporte a la contaminación de partículas respirables proviene del polvo de calles y caminos (49%), seguido de fuentes fijas (20%) y luego los vehículos diesel (19%).

Sin embargo, las emisiones de PM10 de la locomoción colectiva se encuentran en el tramo inferior del material particulado (menores a 1 micrón) y presentan densidades muy bajas. Por lo tanto, permanecen en suspensión por largos períodos.

Estas características explican que su participación porcentual en las partículas captadas por las estaciones de monitoreo sea superior, tal como se presenta en la última columna del Cuadro 3.

Para gases el mayor aporte lo hacen las fuentes móviles:

- En NO_x ,la participación global de transporte es 90%, compuesto por vehículos a gasolina, 59%, y diesel, 31%.
- En CO y en COV, los vehículos diesel son irrelevantes, pero los automóviles aportan el 79 y 48%, respectivamente.
- Para SO_x ,el aporte más importante corresponde a fuentes fijas con 82%.

De estas cifras se desprenden orientaciones claras para la política de control de emisiones: el plan de rebajas en la emisión de material particulado debe abarcar todos los tipos de fuentes, con énfasis en transporte público y polvo natural; la contención de los problemas de monóxido y ozono debe referirse primordialmente a los automóvi-

les; y el control de los problemas puntuales de SO₂ recae exclusivamente sobre la industria.

1.5. Dinámica de crecimiento

La ciudad de Santiago continúa en un proceso de rápido crecimiento. En los últimos 15 años, período 1977-1991, según las encuestas origen-destino 1977 y 1991,⁷ su población aumentó en 30%, de 3,5 a 4,5 millones. Al mismo tiempo, su parque automotor, identificado como un agente protagonista de los problemas de contaminación más importantes, aumentó en 94%, de 208 a 405 mil, considerando únicamente vehículos livianos. Además, el número de viajes aumenta en 132%, de 3,6 a 8,4 millones de viajes diarios. Por otro lado, el modo automóvil privado (sin considerar taxi) aumentó de 10 a 16%; en cambio, el modo bus-taxibús-Metro disminuyó del 70 a 54%.⁸

El «Estudio Estratégico del Transporte Urbano de Santiago» (ESTRAUS), terminado en 1990, entrega además algunas tendencias alarmantes para la próxima década, resumidas en el Cuadro 4: el número de hogares creciendo al 3,1% anual, los automóviles aumentando al 7,7% anual y la generación total de viajes aumentando al 2,8% anual, con el grueso del crecimiento captado por el automóvil particular.

CUADRO 4 PROYECCIÓN DEL NUMERO DE HOGARES, VIAJES Y PARQUE DE AUTOMÓVILES

Proyección	1991	2001	% Crecim. Anual
Hogares (miles)	1.120	1.520	3,1
Automóviles (miles)	422	885	7,7
Viajes /día (miles)	7.500	9.900	2,8

⁷ Encuesta origen-destino de viajes del Gran Santiago 1991. La comparación debe tener presente que existe un mayor nivel de calidad de información para la encuesta del año 1991.

⁸ Según las encuestas origen-destino, el modo bus-taxibús disminuye del 66,4% al 47,9%, pero el modo Metro aumenta del 3,3 al 6,4%, funcionando en 1977 con la Línea 1 no terminada.

Estos cambios estructurales han sido atribuidos al hecho de que la dinámica demográfica está siendo acompañada por un crecimiento de los ingresos. Este último proceso está haciendo pasar a grupos importantes de población hacia estratos de ingresos superiores, donde pasan a tomar acceso a nuevas formas de consumo (incluido el automóvil), muchas de las cuales requieren de una mayor movilidad.

Las tasas de aumento de la flota de automóviles y de su uso imponen un sentido de urgencia al requerimiento de política anteriormente planteado, de contener el crecimiento de las emisiones generadas por este tipo de fuentes. Por otro lado, las proyecciones relativas al transporte público y al privado indican que las tendencias de crecimiento de las emisiones de los buses son bajas, condicionando ello en forma fundamental la política de transporte. Como se explica en el capítulo siguiente, las políticas de transporte y de control de las emisiones vehiculares están indisolublemente conectadas.

II. MARCO DE ANÁLISIS

2.1. Enfoque teórico de la política ambiental

El objetivo de una política ambiental puede ser planteado en términos de la búsqueda de un balance óptimo entre el logro de una máxima calidad ambiental y un máximo desarrollo de actividades socialmente deseables que utilizan el medio ambiente.

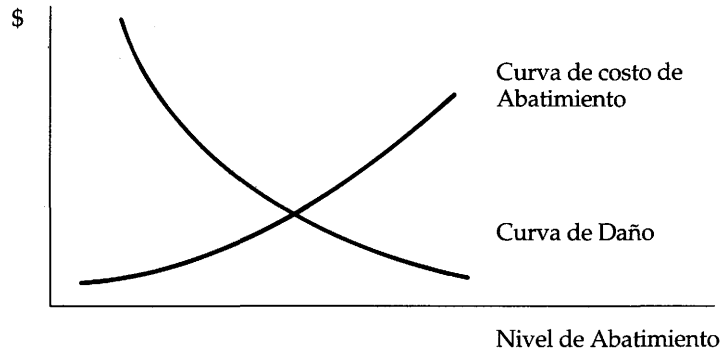
Un ambiente deteriorado implica un daño a la calidad de vida, que es, en cierto modo, una contrapartida a los efectos beneficiosos que la actividad humana pretende generar como primera intención.

La «curva de costos de abatimiento» es una herramienta analítica que ha sido desarrollada para expresar el valor de los recursos necesarios para realizar, de la mejor manera posible en cada una de las actividades componentes, una determinada cuantía de rebaja en el daño causado por un conjunto de actividades específicas, relativas a una situación inicial en la que no se realiza ningún esfuerzo por aminorarlo.

La teoría económica permite demostrar que se alcanza una situación de máximo beneficio global cuando se ha aumentado el esfuerzo por abatir el daño hasta un punto en que el costo de abatimiento, que aumenta con el esfuerzo, llega a igualar el costo del daño produci-

do, que va disminuyendo a medida que el esfuerzo de abatimiento aumenta.

GRÁFICO 6



La curva de costo de abatimiento ha resultado ser bastante más sencilla de estimar que la curva de daño, en gran medida porque involucra la medición y valoración de recursos económicos convencionales o que tienen un equivalente convencional cercano. Las causas de daño son más elusivas, dado que muchos de los mecanismos de daño no están bien caracterizados, son difíciles de distinguir de otros fenómenos que tienen efectos similares o actúan en tiempos extremadamente largos.

Por esta razón, el daño admisible generalmente es determinado a partir de otras consideraciones, técnicas y políticas, dando lugar a normas de calidad ambiental. Estas, al ser aplicadas al conjunto de actividades que están causando deterioro ambiental, implícitamente determinan la cuantía del esfuerzo de abatimiento necesario para cumplirlas. La curva de costos de abatimiento permite estimar los recursos necesarios para llevar a cabo ese esfuerzo.

La deficiencia práctica, por lo tanto, impide perseguir el balance óptimo de primer nivel, siendo necesario reemplazarlo por uno de segundo nivel, expresable como el cumplimiento de las normas de calidad ambiental con el mínimo uso de recursos sociales.

Una segunda simplificación en los objetivos es la parcialización sectorial de los esfuerzos de abatimiento adoptados como meta global para todas las actividades contribuyentes al deterioro. Una

sectorización de las metas es, teóricamente, compatible en forma óptima. Los resultados de un esfuerzo descentralizado por sectores es equivalente al de uno coordinado centralmente cuando se logra una situación de equilibrio general. Esto es, cuando una unidad de gasto en abatimiento, dedicada alternativamente a cada uno de los sectores, obtiene el mismo rendimiento en términos de abatimiento del daño en cualquiera de ellos.

Se puede concluir la necesidad de dos condiciones para alcanzar los niveles óptimos (o socialmente deseables) de actividad, daño y esfuerzo por disminuir las emisiones: el funcionamiento perfecto de cada uno de los mercados parciales o concurrentes, y la existencia de un mecanismo que asegure el equilibrio general entre ellos.

La disyuntiva se presenta solamente en términos de la selección de instrumentos de política. Es decir, la cantidad de esfuerzo previo (y centralizado) que se realiza para asegurar que las cuotas de abatimiento sectoriales son asignadas inicialmente en forma óptima, en términos relativos al esfuerzo destinado a crear mecanismos de ajuste automático que permitan converger hacia un equilibrio entre sectores, aun a medida que la magnitud del problema (y de los sectores) va evolucionando.

Las siguientes secciones de este documento están dedicadas a identificar el conjunto de mercados en que se determina el monto total de emisiones producidas por los vehículos, las imperfecciones que están presentes en cada uno y las formas en que ellas podrían ser corregidas.

2.2. Planteamiento del sistema en el que se determinan las emisiones vehiculares

Las variables que determinan las emisiones vehiculares totales en un determinado territorio pueden ser agrupadas en tres categorías:

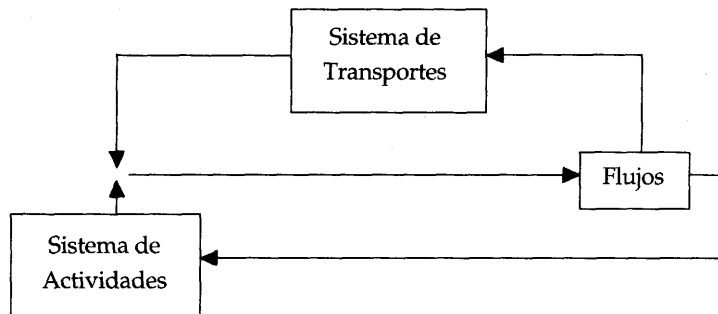
- i) las que definen la cantidad y tipo de vehículos que funcionan dentro del territorio;
- ii) las que definen la intensidad con que son utilizados esos vehículos, y
- iii) las que definen las emisiones por unidad de uso de cada uno de los tipos de vehículo.

El centro de este sistema está constituido por el transporte, que es la necesidad principal que se pretende satisfacer cuando se utiliza un vehículo. En la periferia están las condicionantes que influyen en la necesidad de transportarse, en la forma de hacerlo y en la cuantía de las emisiones generadas como consecuencia de todo ello.

De acuerdo al enfoque corrientemente utilizado en el análisis de sistemas de transporte, se distinguen tres subsistemas interactuantes:

- i) las actividades, que incluyen a los residentes en el territorio, sus empleos, comercios y otros centros de atracción que pueden motivar a los residentes a realizar viajes;
- ii) las alternativas de transporte (redes y vehículos) disponibles para conectar a los residentes con cada una de las demás actividades, en función de las localizaciones de cada una, y
- iii) los flujos de vehículos que se producirán como resultado de la oferta y la demanda por transporte.

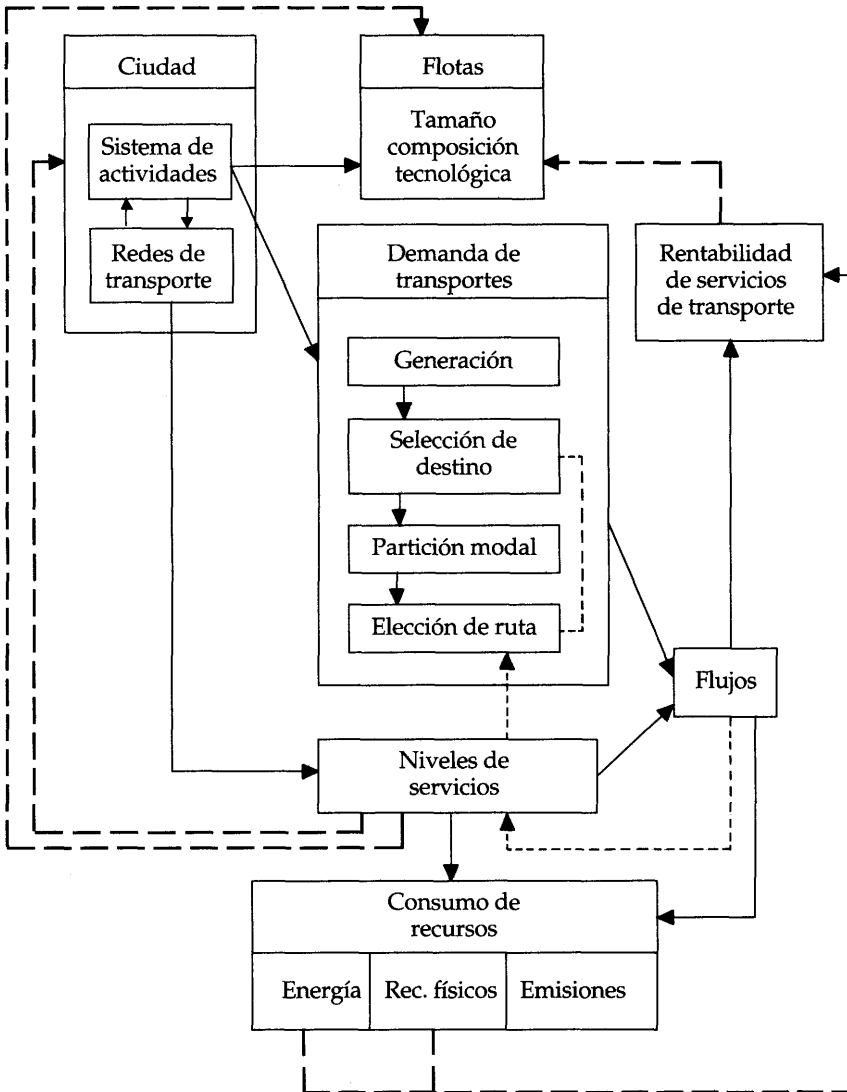
DIAGRAMA 1



FUENTE: Marvin L. Manheim, *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*.

En este caso, interesa un resultado muy particular de los flujos, que son las emisiones. Con el objeto de identificar los factores que las determinan, se ha recurrido al esquema del Diagrama 2.

DIAGRAMA 2



Dentro del sistema de actividades se distingue a los residentes y los centros de atracción de viajes. Las características relevantes de los residentes son su distribución de ingreso y su patrón de localización dentro de la ciudad, expresado este último en términos de densidades residenciales. Los centros de atracción de viajes se caracterizan por su grado de concentración.

Las alternativas de transporte están configuradas de acuerdo a las características de la red vial, su topología y capacidades; los servicios de transporte público, que en este caso presentan características organizacionales de capital importancia para los fenómenos en discusión, y las flotas de vehículos, subclasificables en públicos y privados, que en este caso tienen también una incidencia tan determinante que se ha preferido considerarlas separadamente y hacer explícitas sus interrelaciones. Las características relevantes de las flotas son: su tamaño, sus atributos de comodidad, su nivel tecnológico en cuanto a emisiones de diseño y su estado de mantenimiento en cuanto a emisiones reales.

Las características de los residentes determinan el tamaño de la flota de automóviles y, por lo tanto, el conjunto de personas para las cuales esos vehículos constituyen una alternativa real de viaje.

La localización de los residentes, su motorización y la distribución espacial de los centros de atracción de viajes, determinan la demanda de transporte: cantidad de viajes que desean realizar los residentes, con sus orígenes, destinos, horarios, modo de transporte y ruta.

Las características de la red vial, de los servicios de transporte y de los vehículos determinan la oferta de transporte. El equilibrio entre la oferta y la demanda por transporte se traduce en un esquema de flujos, cuyas características son: los kilómetros recorridos por las flotas de autos y buses; la carga (nivel de congestión) que reciben los distintos arcos de la red; las velocidades resultantes en la red.

El comportamiento del sistema de flujos corresponde al resultado del funcionamiento de los mercados de transporte, en los cuales se distinguen corrientemente decisiones separables en cuatro aspectos:

- i) la generación de viajes, que determina la cantidad total de viajes de distinto tipo (propósito y horario, fundamentalmente);
- ii) los destinos de viaje, principalmente en los casos como viajes de compra, donde se presentan opciones aun en el corto plazo;
- iii) la partición modal, esto es, la elección entre transporte público y privado para quienes tienen la opción, así como entre las distintas opciones dentro del modo público para quienes no tienen acceso al automóvil o deciden no usarlo;

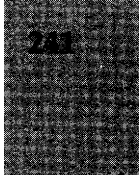
- iv) la selección de ruta, que es en definitiva la que define los grados de uso, o congestión relativa, con que funcionarán los distintos componentes de la red vial.

Como producto directo de las características de los flujos se obtiene el total de tiempo que consume el sistema de transporte. Al ponderar los flujos según el nivel tecnológico y estado de mantenimiento de los vehículos involucrados, se obtiene, por una parte, el consumo de recursos físicos: combustibles, lubricantes, repuestos; por otra, se consigue el sujeto principal de este análisis: la emisión total de contaminantes a la atmósfera.

Los resultados de la operación del sistema en un período, influye sobre su evolución en el tiempo y, por ende, en su operación para los períodos siguientes. Dichas relaciones se establecen principalmente hacia: la rentabilidad de los servicios de transporte público, desde donde ellos se expandirán o contraerán; la satisfacción relativa que reporta el uso de automóviles o transporte público para quienes tienen la opción, lo cual influye tanto en la propensión a comprar más autos como en la de usarlos; la satisfacción que reporta vivir más lejos, con mayor disponibilidad de espacio, frente a la incomodidad que representa gastar más tiempo en viajar, de cuyo equilibrio resultan tendencias a expandir o concentrar la forma de la ciudad determinando los patrones de densidad.

Todas las decisiones de uso de cada uno de los modos están bajo la influencia del sistema de gestión de tránsito, en el corto y mediano plazo, así como de la regulación del transporte público en el mediano y largo plazo. La gestión de tránsito optimiza la capacidad de la infraestructura vial en función de las demandas a las que está sometida, con la opción de dar preferencia a determinados tipos de vehículos o flujos. La regulación del transporte público influye sobre los tipos de servicios susceptibles de ser ofrecidos, con la opción de intervenir en las relaciones de mercado.

Para establecer las políticas de corrección de imperfecciones de mercado se requiere de la identificación de ellas a través del análisis de los mercados asociados a cada uno de los subsistemas descritos anteriormente: Sistema de Actividades, Redes de Transportes, tamaño y la composición de la flota pública y privada, y las emisiones unitarias.



III. SISTEMA DE ACTIVIDADES

3.1. Funcionamiento de los mercados relevantes

El comportamiento y evolución del sistema físico se dan, por una parte, en el contexto del funcionamiento del mercado de suelo urbano y en la inversión del Estado en los campos de Vivienda Social e Infraestructura, por otra. En este último, caben tanto las redes de transporte como otros rubros, por ejemplo la infraestructura sanitaria, con influencia decisiva en la estructuración del sistema. En teoría, al menos, este es un sistema sometido a la planificación urbana.

El sistema de actividades evoluciona mucho más lentamente que la demanda de transporte, considerándose en primera instancia sólo la forma como el uso del suelo determina el transporte. Es importante constatar la relación recíproca de largo plazo, en la cual la calidad del transporte influye a su vez sobre la evolución física de la ciudad.

3.2. Identificación de imperfecciones

La configuración espacial del sistema de actividades condiciona en gran medida el comportamiento de la demanda de transporte.

Desde el punto de vista de la incidencia que esto tiene en el funcionamiento del sistema de transporte y la contaminación atmosférica que éste genera, hay al menos tres características de la estructura espacial que es conveniente examinar: la extensión de la ciudad, la densidad de edificación y la concentración de actividades de empleo y servicios.

a) Extensión de la ciudad

La invasión de la periferia por construcciones se da en el contexto del mercado de suelo rural, donde la oferta es muy amplia, sólo limitada por restricciones legales y el costo de oportunidad en términos de producción agropecuaria.

Al menos tres tipos de efectos de la invasión no son considerados en la transacción:

- Primero, la destrucción irreversible de suelos que, en el caso de ser de alta calidad, podrían tener una productividad social en el futuro no commensurada a su valor comercial actual.
- Segundo, el eventual desencadenamiento de procesos de deterioro de otros suelos, por fenómenos tales como contaminación o, lo que ha sido corriente a raíz de la invasión de terrenos precordilleranos, erosión.
- Tercero, la eventual expulsión de las actividades agrícolas aledañas al inducir un aumento insoportable en los costos de protección de la propiedad. En forma más tenue, se ha argumentado que esta expulsión puede ser también provocada por el desbaratamiento de la estructura social rural.

La sobreextensión de la ciudad y la subutilización del área central, entre otras distorsiones, han sido generadas por dos imperfecciones adicionales:

- Tarifificación de los servicios urbanos según criterios distintos al costo marginal de desarrollo.
- La práctica, por parte del propio Estado, de independizar las decisiones de adquisición de terrenos para vivienda social y la de construir (posteriormente, en forma reactiva) la infraestructura correspondiente.

El costo de desarrollo es menor a mayor densificación. Sin embargo, el costo directo de construcción de viviendas es menor para la vivienda en extensión. Dado que las empresas de construcción no internalizan todos los costos de desarrollo, se produce la distorsión anteriormente señalada.

Uno de los costos de desarrollo, que fue ignorado durante un largo período, es justamente la vialidad que debe servir a las nuevas viviendas periféricas.

Como resultado, se acumuló un gran inventario de vías no pavimentadas, que ha sido identificado como una fuente importante de polvo natural.

b) Densidad de edificación

La densidad de edificación se decide en el contexto del mercado de suelos urbanos. Esto es, suelo habilitado mediante obras de infraestructura vial, sanitaria, eléctrica y de comunicaciones.

Existen fuertes diferencias en el costo marginal de desarrollo de la infraestructura urbana en función de la localización y de la densidad planeada. Además, en casos como Santiago, existen áreas importantes dentro de la ciudad tradicional que disponen de infraestructura subutilizada, lo que reproduce una situación que se ha vuelto comente en las ciudades sujetas a procesos de suburbanización. Esta distorsión también se puede explicar por la no internalización de los costos de desarrollo de las áreas nuevas que no corresponden a la ciudad tradicional.

c) Concentración de actividades

La concentración de actividades en un centro (o algunos centros) presenta ventajas para las actividades que tienden a localizarse en ellos. Sin embargo, para el sistema de transporte implica un exceso en la generación de viajes y crea las condiciones para que se produzca congestión.

El exceso en la generación de viajes, ya sea por una cantidad mayor que la necesaria o por viajes más largos que lo deseable, se produce cuando la concentración en centros dominantes previene el desarrollo de subcentros cercanos a las residencias, donde pueden localizarse actividades de empleo, comercio o servicios que no requieren de alta concentración de mercado para desarrollarse.

Las condiciones favorables a la congestión se producen cuando la convergencia de viajes hacia lugares focales concentra vehículos en unas pocas vías de acceso. La congestión se materializa cuando esas vías son tratadas como bien común de uso público y cuando el transporte público comparte la infraestructura en igualdad de condiciones con el automóvil. Este punto será analizado en detalle en el subcapítulo de discusión de políticas de gestión de tránsito para la regulación del sistema de flujos.

3.3. Discusión de políticas

Toda ciudad requiere de una planificación urbana y de un conjunto de instrumentos que desarrollen y complementen dicha planificación. Estos instrumentos pueden ser de regulación directa, expresada en un plan regulador; de incentivos/desincentivos, principalmente a través de las tarifas de servicios públicos, de los permisos de construcción o de los impuestos de bienes raíces, y de combinación entre regulaciones directas con un sistema de incentivos, ambos sujetos a una adecuada coordinación y a un sistema de control eficaz.

Los principales instrumentos de un plan regulador consisten en la zonificación de uso de suelo, la limitación de densidades y la reserva de terrenos para usos exclusivos, tales como vialidad y la definición del límite urbano.

Los resultados obtenidos en los últimos 20 años en Santiago, con una forma muy poco restrictiva de aplicación de este instrumento, demuestran que no ha sido suficiente para evitar las imperfecciones detectadas anteriormente, en particular la sobreexpansión de la ciudad.

La adopción de una regulación directa mediante el plan regulador y el correspondiente sistema de administración del crecimiento urbano, pueden ser complementados con mecanismos de incentivo que apunten a que los agentes internalicen las externalidades asociadas al uso de los recursos urbanos, específicamente el de la infraestructura urbana, relacionado con pavimentación y redes sanitarias.

Una política de incentivos puede ir dirigida a disminuir el exceso en la generación de viajes, producto de las crecientes distancias entre el lugar de trabajo y el de vivienda. La actual tarifa plana (independiente de la distancia) en la locomoción colectiva, se dirige justamente en la dirección contraria.

El caso de la localización industrial en relación a la vivienda de los trabajadores:
Un ejemplo

Si para este caso analizamos la localización de las industrias respecto de la ubicación de la vivienda de los obreros, es fácil constatar distancias importantes que se reflejan en tiempos de viaje elevados,



estimados en el orden de las 2 horas diarias como promedio.⁹ Esta es la consecuencia de tendencias de localización industrial disociadas de la vivienda. El sistema de tarifas planas de la locomoción colectiva hace posible a un empresario industrial elegir cualquier localización dentro de la ciudad manteniendo el acceso a la totalidad de la oferta laboral.

Una política de incentivos que tienda a corregir este comportamiento puede dirigirse hacia quien causa los viajes (la industria) o quien hace los viajes (los obreros).

La primera alternativa se expresaría en la adopción de una tarificación según distancia para la locomoción colectiva. Sin embargo, esta política no sería suficiente por sí sola, ya que la tarifa de la locomoción colectiva está subsidiada, dado que no se cobra por uso de infraestructura.

La segunda alternativa podría ser aplicada cobrando a la empresa la internalización del costo real de transporte según planilla de trabajadores. El bono por movilización a los obreros, así como el costo de desarrollo y el uso de infraestructura vial, serían financiados con el aporte de las empresas a un fondo común.

Esta opción tiene también las siguientes ventajas: a) genera incentivos para que la industria, en su proceso de selección de personal, tienda hacia aquellos que vivan a una distancia menor; b) puede actuar sobre el mercado de la vivienda de manera de trasladar a los obreros hacia zonas más cercanas, y c) puede decidir la relocalización de las fuentes de empleo hacia una zona con disponibilidad de mano de obra local. En la primera alternativa, en cambio, la influencia de los trabajadores en la localización de la vivienda es relativamente baja.

Otras medidas para disminuir la generación de viajes:
Desincentivar la generación de viajes

Lograr una descentralización de las actividades a través de un mayor grado de sofisticación de los sistemas de transporte y telecomunicaciones incentivando las comunicaciones indirectas tales como teléfono, fax, correo, comercio por catálogo/correo, pago electrónico, telemercados, correo electrónico o centros de servicios locales con transporte propio no contaminante.

⁹ Encuesta origen-destino 1991, *op. cit.*

Lo anterior podría lograrse mediante algún sistema de subsidio que busque compensar las externalidades evitadas, generando en este campo una inversión sobre la «normal», en términos de diseño y construcción, la cual puede provocar hábitos alternativos permanentes. El inconveniente de una política de este tipo es que requiere de una intervención técnica y financiera permanente para el cálculo y manejo de estos subsidios compensatorios.

Se puede concluir que la incorporación de criterios de internalización de externalidades a las políticas de desarrollo urbano requiere considerar medidas tales como la regulación directa de la expansión de la ciudad, criterios de diseño urbano a nivel local que hagan posible el uso de transporte no contaminante tales como caminata, ciclovías y políticas de tarificación de los servicios urbanos que refleje adecuadamente los costos de expansión de la ciudad. El uso de subsidios compensatorios es también posible, con ventajas menos claras.

IV. USO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

El tratamiento de la vialidad como un bien común de uso libre representa una imperfección de mercado, que se manifiesta en una sobreutilización de la infraestructura, produciéndose flujos mayores que los socialmente deseables. Como consecuencia, se llega a niveles de congestión también mayores, así como a un exceso de los costos de operación y de consumo de tiempos.

La sobreutilización de las vías conduce también a un exceso de emisión de contaminantes, debido a que, en presencia de congestión, la operación de los vehículos pierde eficiencia. Las mismas causas técnicas que determinan un aumento en el consumo de combustible producen un aumento en la producción de contaminantes atmosféricos.

Con la sola excepción de ciudades que han adoptado políticas correctoras en forma relativamente reciente, la infraestructura vial urbana ha sido tratada universalmente como un bien común de uso público, libre de cargo.

La distorsión se provoca porque las calles son un bien público con capacidad limitada. Para este caso, la libre entrada conduce a una sobre explotación del recurso. Este es un caso en que el monopolio explota mejor el recurso que varios agentes en competencia.

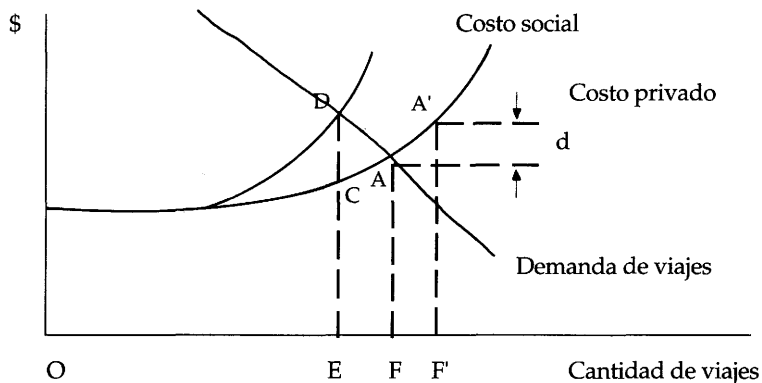
La externalidad por congestión se produce porque al ingre-

sar un vehículo adicional en una corriente de tránsito su entrada provoca una baja en la velocidad de circulación para la corriente completa.

En el Gráfico 7, eso se percibe como un aumento del flujo desde $OF = n$, a $OF' = n+1$. El usuario adicional «ve» un costo de uso del camino igual a $F'A'$, mayor que FA , el costo que «veía» el usuario que ingresó inmediatamente antes a la corriente. Si a esa diferencia $F'A'-FA$ le llamamos d , el costo extra para el conjunto de usuarios es $(n+1)d$.

Por esa razón, el costo marginal social se representa como una curva más alta que la de costo marginal privado, al menos a partir del punto donde la congestión empieza a aparecer. La imposición de peaje igual a CD equivale a un desplazamiento hacia abajo de la curva de demanda. El equilibrio «privado» se produce en el punto D , con un flujo OE menor que OF .

GRÁFICO 7



El uso óptimo de la vialidad se logra, teóricamente, al cobrar por el uso de los recursos a quienes los explotan directamente, en lugar de hacerlo a todos los usuarios potenciales, como sería el caso de un impuesto a la propiedad de vehículos o a toda la sociedad, como es actualmente.

La tarificación vial apunta a corregir esta distorsión para el caso del automóvil privado. La restricción vehicular es efectiva solamente en el corto plazo. Una política alternativa y/o complementaria es el subsidio a modos alternos.

En el caso del transporte público, el objetivo anterior se

puede lograr mediante la asignación de cuotas, de manera tal que el total de estas cuotas sea igual a la óptima, principal objetivo de un instrumento como la licitación de recorrido, que se analiza en el subcapítulo «mercado de transporte público».

Discusión de políticas de corrección al uso de la vialidad por el transporte privado

La restricción vehicular es una medida insostenible en el mediano plazo, puesto que provoca un cambio en el comportamiento de los usuarios, quienes optan por tener un vehículo adicional en la familia y, por lo tanto, no supera el problema de largo plazo. Otro tipo de restricción es la prohibición al estacionamiento, que puede utilizarse como herramienta para limitar el uso o acceso de determinadas calles, aunque no provoca los efectos de la restricción vehicular.

La tarificación vial, consistente en un sistema de peaje que pueda distinguir entre horas de punta y no punta, puede lograr el equilibrio en el corto y largo plazo. En efecto, este mecanismo permite llegar a la utilización óptima de corto plazo, desplazando la demanda punta, internalizando de este modo la externalidad negativa de la congestión.

La tarificación podría considerarse como criterio adicional una diferenciación entre clases de vehículos «según emisión unitaria» dada por la tecnología del vehículo; específicamente, diferenciar entre aquellos que cumplen con las normas de emisión más estrictas.¹⁰

Por otro lado, lo recaudado debe ir a mejorar el sistema, ya sea ampliando la accesibilidad o el sistema de transporte público, logrando de ese modo también el equilibrio de largo plazo. El concepto que hay detrás es que el objetivo es alcanzar simultáneamente equilibrio en el corto y en el largo plazo.

La tarificación puede lograr el equilibrio de corto plazo mediante una contracción en la demanda de viajes. El equilibrio de largo plazo se puede lograr adicionalmente si los recursos captados se

¹⁰ En Chile, para vehículos livianos nuevos, en el año 1991, se ha adoptado la norma EPA-83 en las regiones Metropolitana, Quinta y Sexta, siendo nacional en tres años más. Para vehículos pesados nuevos está en estudio la adopción de las normas EPA-91.



dirigen adecuadamente a mejorar la calidad y la oferta de servicio, el que debe incluir la infraestructura vial.

Otro tipo de tarificaciones, tales como el *impuesto al combustible*, que tiene la desventaja de no distinguir según sobreutilización de las vías, o un pago por permiso de circulación, que no distingue según circulación, o cobros por estacionamiento que tampoco distingue por circulación, pueden considerarse como políticas de segundo óptimo, aun cuando presentan la ventaja de ser de más fácil implementación.

Otras medidas de gestión que apunten al fomento de la mayor ocupación media de los vehículos pueden definirse como *subsidios a modos alternativos al privado*, el cual en términos de emisiones per cápita y de consumo de combustibles es de 4 a 10 veces mayor que el de transporte público.

Existe bastante experiencia internacional en intentos por modificar esta variable, principalmente programas norteamericanos de fomento a la mayor ocupación mediante exenciones de peaje en carreteras, la reserva de pistas exclusivas para vehículos con alta tasa de ocupación o la organización de instancias para la coordinación de viajes (*car-pool, van pool*). Esta experiencia demuestra que la propensión a coordinar viajes es sensible tanto a costo de viaje como al nivel de servicio.

Pero, principalmente, los éxitos se han obtenido en la modificación de las experiencias de los usuarios, al introducir un aumento en la percepción e importancia otorgada a los efectos externos provocados por el uso del automóvil y la posibilidad de mitigarlos mediante cambios en el comportamiento individual de muchas personas.

V. MERCADO DE TRANSPORTE PÚBLICO

La existencia de un cartel en el transporte público, operando sin regulación ni reglamentación por más de una década, ha conducido a una situación en la cual se produjo un acuerdo de tarifas, al mismo tiempo que permitió la competencia por cobertura y frecuencia de servicios.

El acuerdo de tarifas funcionó, en sus años de control consolidado, en condiciones de demanda levemente decrecientes, mientras la flota total experimentaba un rápido crecimiento.

Esta peculiar organización del mercado condujo no solamente a un exceso de vehículos en el parque total de buses, que en su

cúspide fue estimado en el rango del 40%, sino que al desarrollo de políticas de operación/mantenimiento minimizadoras de costo directo y maximizadoras de emisión de humo.

En definitiva, las tarifas de transporte crecientes,¹¹ acompañadas de una despreocupación por la comodidad en esos servicios, durante una época en que aumenta el ingreso de las personas, afectaron el balance relativo entre el transporte público y el privado, con un efecto global que fomentó la adquisición y uso del automóvil particular, efecto ya planteado en el subcapítulo 1.5.

El exceso de oferta de la flota se buscó paliar mediante la imposición de una restricción vehicular consistente en prohibir la circulación del 20% de los vehículos en los días laborales según el último dígito de la patente.

Sin embargo, esta medida provocó una mejora del 5% en la rentabilidad anual, al aumentar el número de pasajeros transportados por vehículo/kilómetro.¹² Por consiguiente, puede aseverarse que la medida de la restricción vehicular, proyectada en el largo plazo, tiende a ser contrarrestada por un mayor crecimiento del parque vehicular, estimulado por la mejor rentabilidad por vehículo que la misma restricción produce.

Para corregir estas imperfecciones podríamos definir, dentro de un esquema de operación privada con regulación estatal, cuatro grandes áreas: fijar cuotas o frecuencias a través de una licitación de recorridos (que debe reemplazar a la restricción vehicular), empresarización para lograr eficiencia en la operación, fijar las tarifas de transporte público, políticas de incentivos a la disminución de las emisiones unitarias por pasajero transportado y la regulación del tamaño y composición de la flota.

¹¹ Entre 1979 y 1990, las tarifas reales crecen en 110%, siendo 1990 el año con la mayor tarifa promedio anual registrada.

¹² Esta mejora se estimó en 5% de mayor rentabilidad anual, considerando el 20% de restricción en los días de semana laborales, en tesis: "La locomoción colectiva en Santiago, un enfoque de organización industrial", Alejandro Cofre, Universidad de Chile, 1991.

5.1. Licitación de recorridos: Instrumento para corregir la sobreutilización de las calles

La licitación de recorridos es una medida que busca asignar cuotas de uso a las vías sobreutilizadas, corrigiendo así esta distorsión, que ya fue explicitada en el punto IV.

Las opciones son básicamente dos: otorgar en concesión el uso de la vía a una sola empresa o fijar la cuota total de explotación y licitarla entre un número limitado de líneas.

Esta segunda opción, por la cual se ha optado, tiene la ventaja de provocar una competencia, otorgando las cuotas respectivas a quienes tengan un mayor puntaje, el que puede depender de la tarifa, capacidad, seguridad del vehículo y niveles de emisiones, entre otros. La licitación se transforma además en una herramienta anticartel.

El sistema de puntaje, en lugar de quién paga más por hacer uso de la calle, se justifica porque hay un subsidio implícito a la tarifa, lo cual ya se expuso en el punto 3.3.

Ahora bien, la licitación de recorridos conduce al óptimo en la medida que sea completa, esto es, que efectivamente fije cuotas en *todas* aquellas calles sobreexplotadas. El problema que presenta es de *tiempo respuesta* para fijar y determinar las cuotas de las calles saturadas, de establecer los contratos, de vencer la inercia de los agentes y del costo de control asociado.

5.2. Empresarización

Provocar una tendencia a la empresarización permite modificaciones en la estructura de propiedad, con lo cual se incorporan en estas nuevas empresas criterios racionales para la determinación del tamaño de flota, de las condiciones de operación y de recorridos.

5.3. Fijar tarifas al transporte público

Mediante esta medida, solamente podrían permanecer en el sistema los vehículos con mayor rendimiento con un efecto positivo en las emisiones unitarias; sin embargo, tiene el costo de ser una medida impopular, cada vez que la autoridad decida el aumento de las tarifas.

También tiene la desventaja de los costos durante el período de ajuste cuando los más ineficientes permanecen en el sistema no incentivando la competencia en precios.

5.4. Políticas de incentivos a la disminución de las emisiones unitarias por pasajero transportado

Deben considerarse políticas de transporte que puedan aumentar la participación modal del transporte público en desmedro del privado o incentivar servicios con menor emisión tales como Metro, trolebuses y recorridos troncales con pista exclusiva.

Para lograr aumentar la participación modal de transporte público se debe tender a:

Restaurar el concepto de transporte colectivo como servicio público, sujeto a diseño y administración a nivel de sistema, cuyos componentes son entregados en concesión como negocio privado sujeto al cumplimiento de objetivos sociales.

Incentivar una competencia en precios y en calidad si se incluyen variables de niveles de servicio fácilmente reconocibles por el público. Premiar otras características deseables, como la buena mantención y el cumplimiento consistente de los estándares de emisión.

Crear así condiciones institucionales que permitan el desarrollo de servicios de alta calidad, que puedan aspirar a altas tasas de ocupación.

Finalmente, abrir la posibilidad de cambiar los criterios de diseño a aspectos como la participación modal del transporte público a través del fomento de centros de transbordo, a recorridos alimentadores, a estructurar una red vial dedicada para recorridos troncales-tecnología commensurada a la densidad de tráfico.

5.5. Regulación del tamaño y composición de la flota

Aun cuando el debilitamiento del cartel ha conducido a una mantención de la tarifa nominal de los buses en Santiago por más de dos años, esto es, una baja real del orden del 25%, persiste en el mercado una masa de máquinas antiguas, con costos de operación relativamente altos debido a su bajo rendimiento energético. Los vehículos nuevos tienen rendimientos de combustible del orden del 60 al

80% superiores, lo cual por sí solo constituye un diferencial de costo en el rango de 30%.

La operación y consolidación de empresas de transporte de tamaño mediano, con una gestión más eficiente en la adquisición de insumes, les permite una mejor rentabilidad de un orden del 5%.

Por lo tanto, las empresas que han logrado consolidar flotas relativamente nuevas y eficientes cuentan con los recursos y los incentivos para justificar su expansión. A esto se puede añadir la creciente preocupación del público por la calidad del servicio y por los impactos ambientales producidos por los buses.

Estas condiciones de mercado indican que, si se produce una competencia creciente, las pequeñas empresas tradicionales dueñas de los buses más antiguos podrían ser desplazadas por las empresas emergentes con buses de mejor nivel tecnológico.

Dado un exceso de oferta en la flota pública, es necesario «corregir esta distorsión» apuntando a disminuir el tamaño y modificar la composición de ella, lo cual justifica medidas directas de reducción del número de la flota para complementar medidas tales como la licitación de recorridos, que tienen un mayor tiempo-respuesta.

La licitación de recorridos implícitamente afecta el tipo y el número de máquinas. Si solamente se opta por instrumentos de mercado como el mencionado, que al generar mayores grados de competencia fuerzan la salida a los más ineficientes, sin recurrir paralelamente a medidas de regulación directa del tamaño de la flota, debe considerarse el mayor tiempo de respuesta; por lo tanto el mayor costo social de transición, en términos de niveles de contaminación y de inseguridad laboral.

Debido a esto, una regulación directa, eliminando los vehículos de mayor antigüedad, permitiría una transición rápida con menores costos sociales.

Así, si se opta por disminuir mediante regulación directa el tamaño de la flota, el parámetro a intervenir puede ser la edad máxima o un criterio de obsolescencia técnica: el retiro de máquinas según antigüedad puede considerarse como tercero mejor, siendo de segundo mejor el retirar según obsolescencia, dentro del cual un parámetro importante puede ser el no cumplimiento de las normas de emisión. Sin embargo, esta alternativa es de menor tiempo de respuesta, puesto que necesita de más sofisticación técnica, ya que requiere de un mayor esfuerzo de control.

VI. TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DE LA FLOTA PRIVADA

6.1. Funcionamiento del mercado

El balance, entre los subsistemas de transporte público y el privado, está, en gran medida, determinado por la tasa de motorización, que es una de las variables que caracterizan el entorno del sistema de transporte.

A su vez, la motorización es influida en el largo plazo por la estructura y funcionamiento del sistema de transporte, como lo demuestra el caso de ciudades como Los Angeles o Caracas, donde fuertes inversiones en infraestructura vial y el desarrollo de una red orientada al automóvil fueron seguidas de fuertes desarrollos del parque de autos. En el corto plazo existen otros factores con influencia aún mayor, de manera que se considera que la motorización es determinada en el mercado automotor, en conjunto con las características de los vehículos nuevos que se integran al parque.

En este mercado automotor se determina tanto la tasa de crecimiento bruta del parque, constituida por los vehículos nuevos que ingresan a la flota, como la tasa de retiro de vehículos obsoletos.

En la demanda automotriz participan todas las familias con ingreso suficiente para adquirir y operar un vehículo. La existencia de este umbral de ingreso es un hecho caracterizado en la literatura del campo, constituyendo un factor de gran importancia en un caso como el chileno, donde existe una proporción muy alta de la población que está debajo del nivel crítico, pero en un rango donde los procesos de crecimiento y distribución del ingreso pueden inducir el traspaso del umbral para bloques significativos de consumidores.

En la oferta automotriz participan tanto los proveedores de vehículos nuevos como el comercio de vehículos usados. La oferta de vehículos nuevos en Chile es una de, las más variadas del mundo, ya que participan en ella más de 30 marcas, que comercializan alrededor de 400 modelos diferentes.

Para todos los efectos prácticos, esta oferta puede ser considerada como completamente ligada al comercio internacional, a pesar de dos marcas que integran localmente un número limitado de modelos, con protección del Estatuto Automotriz. El comercio de vehículos usados, con apoyo de una profusa red de talleres de mantención, capaz de mantener la actividad de los vehículos para una vida media de 20

años, asegura un abastecimiento de productos de bajo precio a los nuevos demandantes que ingresan a la parte baja del mercado.

La muerte de los vehículos en Chile, dada la ausencia de normas técnicas efectivas en cuanto a la calidad y seguridad, se produce casi exclusivamente por accidentes, falla catastrófica o por robo-desguaces destinado a generar repuestos por canibalización. La tasa de retiro de automóviles viejos es del orden del 2% anual, existiendo un contingente de 32% de vehículos mayores de 12 años, nivel relativamente alto, que se fundamenta en la existencia de una amplia oferta de servicios de mantención y reparación que, aunque no ofrece garantía de calidad, permite mantener a los vehículos obsoletos en operación a un costo muy bajo.

La entrada de automóviles nuevos al parque se explica casi completamente por aumentos en el ingreso. La correlación entre la incorporación anual de automóviles al parque y la tasa de crecimiento del producto per cápita en ese año es superior al 80%.

El aumento sostenido de esta variable durante los últimos 14 años, 1977 a 1991, explica en gran medida el aumento del 95 % de la flota de autos en el mismo período.

Causa importante en ese crecimiento ha sido la mantención de los precios en niveles bajos, debido a la política arancelaria general, a la rebaja paulatina de los impuestos específicos, a la revalorización del peso y a la completa apertura del comercio internacional, que ha permitido niveles de competencia crecientes en este sector.

El comportamiento del tamaño y composición de las flotas y, muy especialmente, el de la tecnología de los vehículos, se dan en el contexto del funcionamiento del mercado automotor. La oferta automotriz, que tiene un componente importado preponderante, presenta influencias determinantes de la política de comercio exterior. Se trata, además, de uno de los pocos sectores que tienen en Chile un tratamiento diferenciado, tanto en términos arancelarios como impositivos. En forma reciente, los aspectos tecnológicos de la flota han pasado a quedar dentro del ámbito de influencia directa de la política ambiental.

6.1 Identificación de imperfecciones

El crecimiento de la flota de autos ha significado un aumento en la demanda por transporte privado, lo que ha provocado un

incremento en los niveles de congestión y generado una externalidad negativa por contaminación, lo cual ya fue planteado.

El aumento de la demanda por vivienda en zonas periféricas provoca mayores requerimientos de infraestructura y viajes más largos.

El no cobro de las externalidades por emisión fomenta una sobre expansión de la flota.

Los automóviles, a medida que envejecen, se hacen más propensos a fallas que implican: mayor consumo de combustible (con un efecto global en el comercio exterior), mayor emisión, mayor riesgo de accidentes y mayor riesgo de fallas que pueden dar lugar a obstrucciones de tránsito con externalidades negativas en congestión y contaminación.

63. Discusión de políticas

Para disminuir el aumento del parque, se deben considerar medidas que desaceleren la tasa de entrada de vehículos nuevos o que aceleren la salida de los antiguos. Se pueden establecer medidas indirectas que desincentiven el uso, obteniendo resultados en el mediano plazo, o directas, tales como revisiones técnicas más exigentes.

- i) Políticas de precios: Los actuales impuestos y aranceles al automóvil tienen un carácter redistributivo. Otros elementos que pueden ser balanceados son el cobro por mantención y ampliación de la infraestructura vial, lo cual se puede tarificar según su uso, y por externalidades asociadas a la posesión del vehículo específicamente en términos de emisiones, lo que puede justificar el diseño de una tarificación que castigue a los vehículos con mayor emisión, expresable en una variable observable como la edad del vehículo.

Es factible tanto aumentar los precios absolutos como cambiar los precios relativos mediante patentes diferenciadas, de modo que sea más caro mantener vehículos antiguos, a los cuales se les pueden asociar mayores niveles de emisión compensando así las externalidades crecientes con la edad por emisión. Este instrumento permite además racionalizar el consumo.

Una política de aumento de aranceles permite desincentivar la entrada de vehículos nuevos al sistema.



Aumentar los costos de operación, tal como el impuesto a los combustibles, puede ir orientado a cubrir al menos los costos de desarrollo de la infraestructura, incluyendo el cobro por la expansión de oferta vial; es discutible, si además se utiliza como instrumento redistributivo.

- ii) Política de regulación directa: Otra medida es mediante una revisión técnica de mayor exigencia con la edad, estableciendo en ella criterios de obsolescencia técnica; por ejemplo, reparaciones mandatorias a sistemas relacionados con seguridad y emisiones. Regular directamente la edad máxima de los vehículos es una medida de más fácil aplicación, pero presenta mayores problemas de equidad. Imponer criterios de obsolescencia técnica soluciona el problema de equidad, pero tiene un mayor costo de aplicabilidad.
- iii) Favorecer la ventaja competitiva de los modos alternos: asegurar la disponibilidad de transporte público que constituya alternativa real al automóvil, en cuanto a disponibilidad, cobertura, comodidad, seguridad, velocidad y confiabilidad.

VII. EMISIONES UNITARIAS

Las emisiones que dependen propiamente del vehículo se definen a tres niveles diferentes: las características constructivas o tecnología base; el estado de mantenimiento, y la operación misma o hábitos de manejo.

Las características constructivas se definen en el diseño y fabricación del vehículo. La oferta automotriz presenta una amplia variedad de niveles y calidades, que se agrupan básicamente en tres: los vehículos de máxima tecnología, que son admisibles en el estado de California; los vehículos de alta tecnología, admisibles en EE. UU. (pero no en California), y en los países que han adoptado normas de emisión exigentes y los vehículos convencionales o «no emissionados», que se comercializan en los países sin exigencias especiales. Las dos primeras categorías están sujetas a homologación y garantías de sus fabricantes.

Dada la importancia de los países que han adoptado normas de emisión, en términos de su participación en el consumo mun-

dial de vehículos, la industria automotriz transnacional tiende a favorecer la producción de alta tecnología, quedando la producción convencional relegada a plantas en proceso de obsolescencia.

Por este motivo, en forma creciente, los vehículos «emisionados» son más eficientes en relación a los «no emisionados».

Para la discusión de políticas es necesario recordar que los vehículos livianos son en su gran mayoría bencineros y, por lo tanto, la política que a este sector se aplica apunta a la reducción del CO y el NO_x y COV, que son contaminantes de un nivel de prioridad menor que las partículas que provienen de los vehículos pesados, que en su mayoría funcionan con combustible diesel. Estos antecedentes aconsejan que estos sectores sean analizados separadamente.

CUADRO 5 FACTORES DE EMISIÓN (GR/KM) POR TIPO DE VEHÍCULOS

	Diesel	Bencinero
CO	7,4	26,2
NO _x	5,4	1,2
COV	1,4	1,0
PTS	2,4	0,1

FUENTES: Universo de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos e inventario real de emisiones para Santiago. IRM/Cade Idepe, 1989.

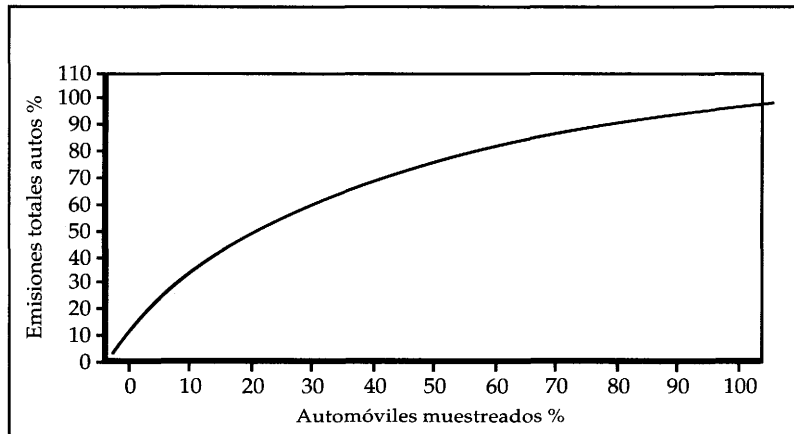
7.1. Vehículos livianos

En el caso de los vehículos livianos, las mayores exigencias en cuanto a emisión han sido logradas, en forma prácticamente universal, por la adopción de un paquete tecnológico compuesto por: inyección electrónica gobernada por microprocesadores; convertidor catalítico de tres vías, esto es, con capacidad para oxidar el monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles, así como de reducir los óxidos de nitrógeno; sonda lambda, esto es, un sistema de monitoreo de las emisiones que informa a los microprocesadores que regulan la inyección; «canister», que es un dispositivo de captación y recuperación de los vapores de combustible que se producen en el tanque y sistema de alimentación. Este paquete tecnológico requiere imprescindiblemente de combustibles y lubricantes especiales, libres de plomo y otras sustancias capaces de destruir el catalizador.

La relación entre paquete tecnológico y gasolina sin plomo es unívoca, tanto en cuanto a necesidad como a efecto: el convertidor catalítico es efectivo sólo en vehículos alimentados exclusiva y permanentemente con combustibles y lubricantes especiales; la gasolina sin plomo permite el funcionamiento del catalizador y no produce rebaja de emisiones al ser usada en vehículos sin catalizador.¹³

La influencia del estado de mantención sobre las emisiones de los vehículos livianos en uso es de gran importancia. El Gráfico 8 muestra la distribución porcentual acumulada de las emisiones unitarias de CO de automóviles, medidas durante la realización del Inventario de Emisiones de Santiago. Se puede apreciar que el 50% de las emisiones de monóxido provienen del 25% de vehículos en peores condiciones. Una característica de capital importancia para efectos de selección de política es que el dueño o conductor del vehículo no tiene una manera directa e intuitiva de reconocer la existencia de estos problemas, los que son detectables solamente por medición del rendimiento del vehículo o por mediciones instrumentales de los gases de escape.

GRÁFICO 8 DISTRIBUCIÓN EMISIONES AUTOMÓVILES
(Monóxido de carbono)



¹³ Salvo la eliminación del plomo mismo de las emisiones, dicho metal no ha sido encontrado en proporciones peligrosas en la atmósfera de Santiago ni en el organismo de sus habitantes. El uso de gasolina sin plomo en vehículos no dotados de canister puede llevar a un aumento en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

La influencia de las condiciones de operación es también significativa, dado que el género de las emisiones se produce durante los ciclos de aceleración-desaceleración, asociados a la congestión de tránsito. Esta materia cae en el dominio de la gestión de tránsito y no será discutida aquí.

Discusión de políticas

La selección por parte de un comprador del nivel tecnológico de su próximo vehículo nuevo, puede ser influida por dos caminos: una norma de emisión que imponga requerimientos estrictos o un régimen de incentivos a la selección de tecnologías limpias. De otro modo, el comprador tenderá a eludir su responsabilidad por las externalidades que causan sus emisiones, lo cual permite ignorar esta variable al decidir qué vehículo comprar.

La norma de emisión tiene como principales ventajas su rápida aplicación y seguridad en cuanto al logro de las mejoras especificadas, dado que se está adoptando uno de los estándares existentes en el mercado mundial, donde ellos han estado presentes dos décadas. Las principales desventajas son: i) la necesidad de asegurar simultáneamente la disponibilidad de combustible de mayor tecnología, y ii) la imposición de un sobrecosto al comprador, independiente de la cuantía y oportunidad del uso que tendría el vehículo. En el caso chileno, también ha constituido un obstáculo considerable la necesidad de asegurar la disponibilidad de servicios de mantenimiento especializado, cuyos costos de inversión en equipos y recursos humanos representan una barrera de entrada.

La ventaja teórica del enfoque de incentivos es la antítesis del punto ii) anterior. Sin embargo, las posibilidades de poner en práctica un incentivo proporcional a las emisiones constituyen un desafío no resuelto. Una sobretasa impositiva a la compra o al permiso de circulación anual de los vehículos con mayores emisiones castiga por igual a los vehículos de alto y bajo recorrido.

Un subsidio a la compra de vehículos de alta tecnología fomenta el incremento de la tasa de motorización. Un impuesto al combustible toma en cuenta el recorrido, pero no la tecnología del vehículo; el impuesto diferenciado a las gasolinas convencionales (con plomo) sólo produciría trasvasijos de autos de baja tecnología hacia



gasolina sin plomo, sin lograr su objetivo de reducir emisiones; la separación por reglamentos de ambos mercados se traduciría en mercado negro y corrupción.

La única alternativa teórica más eficiente que ha sido planteada en la discriminación entre autos de alta y baja tecnología es un esquema de peajes proporcionales al uso. Desafortunadamente, la tecnología para hacer practicable esa posibilidad está a algunos años de distancia, sin contar las dificultades para lograr la aceptación social de un sistema de peaje de cualquier tipo.

Las opciones de política para influir sobre el estado de mantención de los automóviles son limitadas. El enfoque represivo convencional, basado en inspecciones técnicas periódicas y obligatorias, ya sea en plantas revisoras o en la vía pública, contribuye a acentuar la preocupación de los conductores por el estado de sus vehículos. Sin embargo, el uso prolongado de esta herramienta se ha demostrado insuficiente a la luz de los resultados, dada la no transparencia de esta variable para el conductor. Como alternativa para aumentar la eficacia de este esfuerzo se ha discutido un enfoque disuasivo, basado en el uso de publicidad y la amplia disponibilidad de instrumentos analizadores de gases, por ejemplo en estaciones de servicio y talleres, con funciones nuevamente informativas.

7.2. Vehículos pesados

En el caso de los vehículos pesados, que son mayormente movidos por motores diesel, la tendencia tecnológica es menos unánime.

Por una parte, las grandes marcas transnacionales están empezando a producir una nueva generación de motores más eficientes y con un mayor control de proceso de combustión. Esta tecnología también requiere combustibles especiales, recayendo en este caso las exigencias sobre el contenido de azufre y sobre la «curva de destilación», es decir, la distribución de densidades en la mezcla de hidrocarburos que componen el combustible. En este caso los efectos son yuxtapuestos: los vehículos de alta tecnología logran su máxima rebaja de emisiones con el combustible especial, pero obtienen resultados parciales con los combustibles convencionales. Otro tanto ocurre con la relación recíproca: los vehículos convencionales pueden obtener algunas rebajas en las emisiones utilizando combustibles de mejor calidad.

Por otro lado, existe una segunda tendencia, no siempre ligada a la industria automotriz, hacia la producción de dispositivos depuradores de efluentes. Dichos dispositivos caen en varias categorías: purificadores que trabajan en forma muy similar al convertidor catalítico de los vehículos livianos; filtros regenerativos, que capturan el material particulado hasta el momento en que una intervención externa permite quemar el hollín acumulado; trampas catalíticas, que combinan los efectos de las dos anteriores.

A pesar de existir numerosos dispositivos depuradores de efluentes en niveles de desarrollo desde las etapas de laboratorio hasta las de prueba piloto, no existe información de ninguno que haya llegado hasta el nivel de distribución comercial y que sea capaz de llevar un motor convencional a los niveles de exigencia de la norma norteamericana. Sin embargo, en el futuro previsible, tales dispositivos no son descartables, dada la actividad que existe actualmente en este tema.

Se puede concluir, por lo tanto, que existen alternativas disponibles que permitirán reducir en forma drástica (al menos 50%) las emisiones de motores pesados nuevos, respecto de los límites idealmente alcanzables con tecnologías convencionales. El sobrepeso de la nueva tecnología está en el rango de 30 a 50%, sobre la base del valor del motor nuevo. En el futuro cercano es esperable la aparición de tecnologías intermedias, en términos de eficacia y precio.

Los motores de nueva tecnología, que están llegando al mercado chileno a nivel de demostración, están en un rango de potencia algo mayor al de los motores convencionales que usa actualmente la locomoción colectiva urbana, de donde su uso va aparejado a la introducción de modelos mayores, similares a un *maxibús* de 100 pasajeros.

El mantenimiento de los motores tiene una incidencia fundamental, tanto en el rendimiento energético como en las emisiones. Los resultados de programas experimentales llevados a cabo en Chile entre 1987 y 1989 muestran emisiones de material particulado del orden de siete veces mayores en el promedio de un grupo de buses con mantención cuidada al mejor nivel alcanzable, a tecnología base constante y condiciones de operación comparables.

Los rubros de mantenimiento más sensitivos son: la regulación del sistema de inyección y la reparación por desgaste del motor. En el caso específico del transporte público de Santiago, ha sido posible constatar (y suponer una extensión parcial a otros vehículos pesados) la existencia de tres fenómenos que colaboran en la producción de niveles

de mantenimiento pobres: la utilización de talleres insuficientemente equipados y capacitados; la utilización de motores de recambio como sustituto barato a la mantención preventiva y correctiva, corrientemente mediante motores obsoletos importados como chatarra, y la intervención del sistema de inyección para obtener potencia adicional, con sacrificio en cuanto a rendimiento y emisiones.

Existe, por lo tanto, un mercado muy complejo para la mantención. Los dos primeros aspectos muestran la existencia de al menos tres tipos de oferentes: talleres modernos adecuadamente dotados, talleres precarios y comerciantes de motores de recambio. El funcionamiento de este mercado está distorsionado tanto por asimetrías de información como por externalidades. Las primeras surgen de la incertidumbre en cuanto a la calidad y duración de la mantención adquirida por las tres vías alternativas, frente al conocimiento cierto del precio pagado en los tres casos. La segunda corresponde nuevamente a la externalidad por contaminación, que no es adecuadamente incorporada a la decisión, aunque las diferencias en este caso son aparentes a simple vista. La incidencia de estos aspectos en el problema global es muy significativa: se ha estimado que el aceite lubricante vaporizado por los motores desgastados podría constituir dos tercios del particulado emitido por los buses de Santiago.¹⁴

La intervención de la bomba inyectora es un resultado de las distorsiones que afectan al mercado de transporte. La competencia por frecuencia y cobertura, anteriormente identificada como característica estructural del funcionamiento del cartel que gobierna la locomoción colectiva de Santiago, exige un estilo de conducción agresivo, para llegar antes que el competidor al grupo de pasajeros que espera en la próxima esquina. Dicho estilo es fuertemente demandante de potencia, lo cual se hace crítico cuando ella proviene de un motor desgastado hasta el extremo de su vida útil. Parte del mismo fenómeno es la forma de remunerar a los conductores: muy bajo salario base más una participación significativa en las ventas brutas de pasajes, sin influencia de los costos de operación. Como consecuencia, en la mayoría de los casos, es el propio conductor el que interviene la bomba y luego la exige hasta producir rutinariamente sus peores efectos.

¹⁴ Véase Weaber, Siena Research 1988. Presentado a la Comisión Nacional de Energía. «Usos alternativos de combustibles en vehículos».

El estilo de conducir mismo, a características constantes de la tecnología base y del nivel de mantención, tiene su propia influencia. El programa de demostración de técnicas de conducir conservativas que ofrece con regularidad una gran firma automotriz en diversos países, logra habitualmente diferencias del orden del 15% en términos de consumo de combustibles. Toda esa diferencia equivale a emisiones de contaminantes atmosféricos, calor y ruidos disipados al medio ambiente.

Al igual que en el caso de los automóviles, las normas de emisión, la inspección técnica, la disuasión y la disponibilidad de instrumentos de diagnóstico pueden contribuir a forzar la consideración de las emisiones en las decisiones de selección de tecnología de buses nuevos y mantenimiento de buses en uso. Los argumentos son enteramente paralelos, con la única diferencia que, en este caso, las emisiones son visibles. Esto último hace más fácil la fiscalización y puede justificar el uso de un enfoque represivo más duro.

Existen diferencias, sin embargo, en las posibilidades de usar incentivos para el caso del transporte público. Gran parte de las anomalías detectadas en ese sector, en materias tales como las políticas de mantención y operación, derivan de la organización tipo cartel con acuerdo de precios y libertad de entrada, hacia un régimen de competencia regulada a través de un esquema de licitación de recorridos, anteriormente discutida, y abre la posibilidad de hacer de las emisiones un factor explícito de competencia. Variables tales como las emisiones de diseño de las máquinas, los resultados de las inspecciones técnicas obligatorias y el historial de infracciones pueden pasar a constituir puntaje para futuras licitaciones.

La justa ponderación de estos parámetros, frente a las diferencias en tarifa y nivel de servicio, constituye un desafío técnico mayor, aunque dentro del estado del arte vigente.

La historia muestra que el solo anuncio de la intención de otorgar estos tipos de incentivos ha creado una actividad sin precedentes en la experimentación con nuevas tecnologías en este sector, mostrando así la variabilidad del enfoque.

VIII. CONCLUSIONES

La presencia de niveles de contaminación atmosférica muy por encima de lo que se considera socialmente deseable se explica, en



gran medida, por la existencia de numerosas imperfecciones en los mercados donde se determinan los niveles de actividad de procesos que, sin intentarlo, provocan la contaminación.

En lo que se refiere a la parte del problema atribuible a los vehículos, la principal imperfección es el tratamiento que la sociedad da a la atmósfera, como un bien público de uso libre, al cual se pueden descargar emisiones sin pagar por ello. Por lo tanto, los emisores tienen la posibilidad de obligar a la sociedad a incurrir en costos (en este caso, por daño a la salud de otras personas), sin tener que responder por ello.

Algo similar ocurre en el uso de infraestructura vial, donde se producen externalidades por congestión de tránsito.

En el caso de Santiago de Chile, a los dos tipos de externalidades señaladas, que han sido reconocidas como tales y enfrentadas mediante política pública en muchas ciudades, se añaden algunas otras imperfecciones. Las más relevantes son externalidades en el mercado de suelo urbano, insuficiente transparencia en el mercado de reparación y mantención, una estructura tipo cartel en el mercado de transporte público. Todas ellas se traducen en:

- i) Exceso en el consumo de vehículos, de lo que resultan flotas sobredimensionadas.
- ii) Viajes más largos que lo socialmente deseable,
- iii) Emisiones unitarias innecesariamente altas por parte de los vehículos públicos y privados que componen las flotas.

Las externalidades en el mercado de suelo urbano, que inciden principalmente en el largo de viaje y, a plazos mayores, en el tamaño y composición de la flota, son enfrentadas actualmente mediante herramientas de planificación urbana, principalmente planes reguladores. La prescripción de límites urbanos, densidades residenciales y zonificación de usos del suelo se han probado insuficientes y por lo tanto requieren ser complementadas por mecanismos de incentivos-desincentivos, los más importantes de los cuales son:

- La correcta tarificación de los servicios urbanos, principalmente mediante cobro para financiar pavimentación e infraestructura sanitaria, a todos los proyectos de urbanización tanto pública como privada.
- La tarificación, a las industrias y otros centros atractores de

viaje, de los costos transporte completos en que incurren sus empleados. Estos recursos podrían financiar un fondo capaz de pagar su justo aporte al desarrollo de infraestructura vial, así como reembolsar a los empleados la tarifa plana (independiente de la distancia) que actualmente les cobra el sistema de transporte público.

El primer mecanismo señalado tiene la ventaja de ser de rápida implementación; sin embargo, sus efectos son diferidos en el tiempo. También puede presentar dificultades técnicas en el cálculo, pero subsanables por un pequeño grupo tecnificado, lo que es acorde dentro de un sentido de administración pública moderna. Otro atributo positivo de este instrumento es que entrega señales correctas, aunque su alcance es limitado por cuanto por sí solo no asegura obtener los resultados deseados.

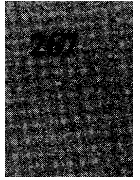
El segundo mecanismo tiene los mismos atributos que el primero, aunque su alcance es aún más limitado, ya que puede dirigirse solamente a segmentos específicos de la sociedad.

Las externalidades por congestión y contaminación derivadas del uso de la infraestructura vial inducen consumos mayores que los deseados en todos los mercados relevantes a la emisión vehicular: una ciudad más extendida, centros de actividad más concentrados que se traducen en distancias de viaje mayores, vialidad sobreutilizada, flotas sobredimensionadas y emisiones unitarias mayores producto de las menores velocidades asociadas a la mayor congestión.

En el enfoque imperante, el sobreuso de las vías es enfrentado a través de regulaciones directas, principalmente la restricción vehicular (que es una forma de racionamiento), en menor medida el retiro de vehículos antiguos de la locomoción colectiva y normas de emisión apoyadas por inspección técnica periódica.

Las alternativas de regulación indirecta se basan, principalmente, en la tarificación del uso de vías y, en menor medida, al tamaño y composición de la flota pública y privada.

El primer enfoque, dependiendo de la sofisticación del sistema de cobro, puede acercar los costos percibidos por el usuario a los costos marginales sociales. En un esquema ideal de *tarificación vial* el cobro puede distinguir el tipo de vehículo (tecnología convencional vs. tecnología limpia) y de vía (calles o zonas congestionadas vs. las que no lo son), así como las condiciones de tránsito imperantes (horas punta y no punta).



En esquemas subóptimos de «impuestos o subsidios», el cobro puede estar restringido a subconjuntos de usuarios (por ejemplo, cuando se aplica por impuesto al estacionamiento), puede igualar los cobros a diferentes tipos de usuarios (por ejemplo, peaje sin distinguir tipo de vehículo), puede extenderse a vehículos que contribuyen muy poco a los problemas de congestión y contaminación (por ejemplo, un impuesto a los combustibles o un arancel a la importación de autos, que tendrían efectos nacionales).

Por otro lado, *la restricción vehicular* provoca efectos perniciosos en el largo plazo por cuanto induce mecanismos para eludirla al incentivar un aumento de flota y a la permanencia de vehículos más antiguos.

Si bien un mecanismo de tarificación vial es de mayor eficiencia al de restricción, por cuanto no provoca efectos como los señalados, presenta el problema de requerir de una implementación más compleja y de implicar altos costos de operación (serán más altos a mayor grado de sofisticación adoptado) que deben ser cubiertos por los propios usuarios, lo que implica que no todo lo recaudado pueda ir a financiar la reparación del daño.

La imposición de normas de emisión es una medida de regulación directa no abandonable, por cuanto interviene en mercados en los cuales existen indivisibilidades tales como: la tecnología que cumple con las normas, el sistema de mantención que posibilita el uso de tecnologías más sofisticadas y el abastecimiento de combustible asociado a la nueva tecnología.

Además, es un mecanismo que posibilita obtener resultados con menor tiempo de respuesta, puesto que permite establecer plazos perentorios para el cumplimiento de las normas respectivas, obteniendo tecnología limpia para la entrada de vehículos nuevos o provocando mejora de tecnología o retiro para los vehículos que no cumplan con las normas dirigidas al parque antiguo. Todo lo anterior no significa desechar el uso de mecanismos de incentivos que pueden servir como complemento para lograr menores emisiones unitarias y una acción del Estado que tienda a «mejorar la transparencia de información» en los mercados de tecnología, mantención y de combustibles.

La regulación directa del tamaño y composición de la flota pública es una medida que conviene analizar desde una perspectiva más amplia que considere el sistema de transporte público.

Las imperfecciones que afectan al transporte público son el resul-

tado de una política de transporte, denominada en su momento «de libertad de recorridos», qué desreguló y desreglamentó este sector. El extremo opuesto es el enfoque de sobrerregulación, donde los recorridos, tarifas y otros parámetros de servicio son determinados y en algunos casos administrados por la autoridad. Dicho enfoque fue también probado con anterioridad en Santiago, con resultados no deseables.

La alternativa de regulación con mínima intervención, denominada «de recorridos licitados», consiste en asignar cuotas de uso de las arterias congestionadas a quienes ofrezcan y garanticen un mejor nivel de servicio en un concurso abierto. Este esquema permite, al mismo tiempo, introducir competencia debilitando el cartel, mientras, por otra, impulsa criterios de calidad de servicio que reflejen las preferencias sociales.

Esta licitación es un mecanismo de incentivos-desincentivos que presenta una implementación compleja y mayor según grados de sofisticación, con costos permanentes de vigilancia, aun cuando permite flexibilidad para ajustar el grado de intervención según lo imprescindible. Además induce al equilibrio de mercado pero en un tiempo que puede resultar mayor al deseable.

Complementariamente, por lo tanto, se justifica utilizar una medida de «regulación directa al tamaño y composición de la flota», por cuanto es de más fácil implementación y permite resultados inmediatos que hacen posible reducir los costos transitorios de la alternativa primero mejor. Esta regulación es de segundo óptimo y más eficaz como medida complementaria y no sustituta a la licitación, por cuanto por sí sola no resuelve los problemas de cartel e incluso los puede agravar si se considera un esquema de cupos limitados para el total de la flota, lo que aumenta las barreras de entrada.

En síntesis, el adoptar un conjunto de políticas debe apuntar a corregir las imperfecciones de cada uno de los mercados identificados mediante la internalización de las externalidades respectivas, haciendo uso de uno o más de los tipos de instrumentos que pueden definirse en estructurales, de incentivos, de regulaciones directas y normas, y de corrección de asimetrías de información.

Además, estos mecanismos pueden ser tan efectivos o inefectivos dependiendo de la coherencia del conjunto de las medidas, ya que los mercados están interrelacionados entre sí, pudiéndose afectar indeseadamente a más de uno de ellos.

Una estrategia de primer orden considera todas las varia-

bles factibles de modificar. Sin embargo, dado el carácter temporal de determinadas políticas, en el corto y mediano plazo, es necesario recurrir a políticas de segundo y hasta de tercer o cuarto óptimo, cuando es necesario incorporar criterios de tiempo de respuesta, eficacia y costos de control.



Aspectos económicos en la solución de la contaminación ambiental

Ernesto Fontaine

SÍNTESIS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE
REALIZADA EL 25 DE MARZO DE 1992

El aire que era limpio se ha transformado en un bien escaso. Para racionalizar su uso se deben utilizar los «precios». Este es un mecanismo eficiente para solucionar el problema. La dificultad es técnica en cuanto a los «niveles» aceptables de contaminación. La comunidad también debe participar a través del Poder Legislativo. Los niveles de los países ricos no pueden ser impuestos en países más pobres. Tales niveles (los de los países ricos) son excesivos para países como Chile. Un ejemplo de lo anterior es el caso del convertidor catalítico, que es un verdadero impuesto indirecto, que debería ser establecido por «ley».

Además, la contaminación atmosférica es fundamentalmente un problema de Santiago y no de Chile.

También hay que considerar que la contaminación se produce por el «uso» del auto y no por «tener» el auto. Quienes más «usan» deben pagar más. Asimismo, los autos de inferior cilindrada deberían ser castigados en menor medida que los de mayor cilindrada; quien usa más combustible debe ser más castigado. Otra diferencia está entre quienes usan motores diesel o motores gasolineras.

Ello debería traducirse en impuestos para los diferentes tipos de combustible (impuesto a la bencina con plomo e impuesto al diesel). El valor estaría determinado por el costo del combustible según sea utilizado en Santiago u otro lugar saturado o bien en lugares que no tienen problemas.

Los problemas de congestión se deben solucionar por la vía de la tarificación y de inversión en obras viales urbanas.

Se debe castigar el «uso» del combustible. En la actualidad se está regulando equivocadamente el tema de las fuentes móviles, y sí estaría siendo bien regulado el tema de las fuentes fijas (derechos de emisiones transables).

El valor relativo de un convertidor catalítico para un automóvil pequeño es alto en términos del valor total del vehículo, el cual disminuye cuando el auto es más caro. Por lo tanto, se perjudica al dueño de autos más chicos.

Se requiere también el lavado y pavimentado de calles para evitar el polvo.

Pero el problema más grave es resolver el tema de las revisiones técnicas de los vehículos, de manera que se cumpla la ley. Hay enormes problemas de fiscalización.

Metodologías para evaluar los costos de contaminación:

- problema de ensayos y errores;
- se debe incentivar que el usuario valore lo que le conviene más (si poner convertidor o pagar un tipo más caro de combustible);
- control: el problema principal es que no se venda bencina sin plomo a vehículos sin convertidor catalítico.

Hay que hacer de Santiago un lugar «caro para vivir».



Introducción

Ricardo Katz

COORDINADOR COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE CEP

La mejor manera de comenzar este capítulo es a través de la definición de dos conceptos claves y que son normalmente mal entendidos por la gran mayoría de la población. Esta confusión no es rara considerando la estrecha vinculación, real y práctica, existente entre ellos. Los conceptos a que nos referimos son los de contaminación y emisión.

Por contaminación debiera entenderse:

La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o una combinación de ellos en concentraciones, o concentraciones y duraciones superiores o inferiores, según corresponda, a las permitidas en la legislación vigente.

En razón de lo anterior, es posible, por lo tanto, definir contaminante de la siguiente manera:

Toda sustancia, elemento, energía o combinación de ellos, que produce contaminación.

El primer aspecto que sobresale de la definición anterior es el vínculo que aparece entre contaminación y la legislación vigente, a través del cual se propone directamente que la contaminación es un fenómeno de origen humano. Este vínculo difiere de las definiciones teóricas utilizadas con fines científicos, en las cuales se define contaminación como la condición de algún componente del ambiente cuando la concentración de una o más sustancias supera fuertemente los niveles normales en ese ambiente, produciendo efectos medibles en seres humanos, animales, vegetales y materiales (adaptación libre de la definición

que aparece en el trabajo «Contaminación y contaminantes, aspectos científicos, teóricos y prácticos». Hugo Sandoval L.).

La razón de amarrar la definición de contaminación a la legislación vigente se basa principalmente en dos razones de fondo, que a continuación se exponen, unidas por el criterio común de que un ambiente contaminado es un ambiente dañino para la sociedad y que bajo esa consideración debe ser transformado en un ambiente libre de contaminación (concepto adecuadamente recogido en nuestra Constitución) a través de acciones y regulaciones específicas:

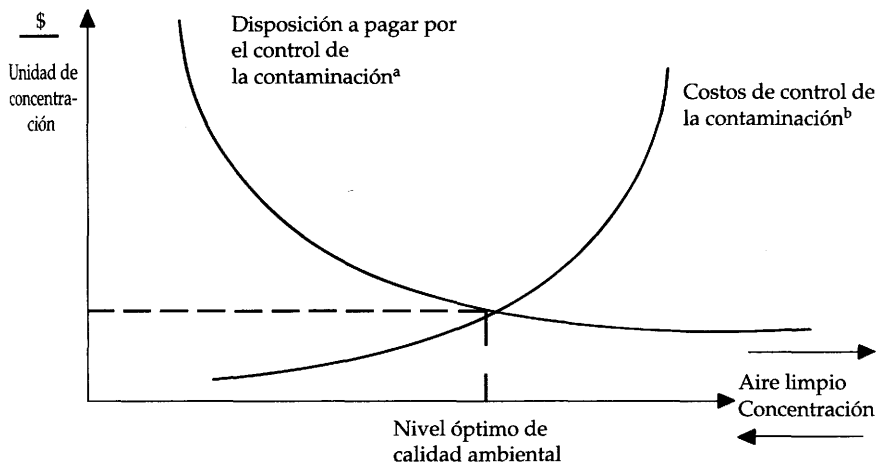
— Los efectos medibles se relacionan por una parte con las tecnologías y técnicas existentes en algún momento, siendo por lo tanto un efecto netamente dinámico. Es más, existen algunos casos en los que los efectos son inferidos o en los cuales la aversión al riesgo de la sociedad hace aconsejable regular efectos no medibles. Esto es bastante común en agentes cancerígenos o mutagénicos, o en situaciones como el efecto invernadero, en las cuales los efectos no son medibles. Pero como todas las evidencias apuntan consistentemente en la misma dirección, los tomadores de decisión estiman aconsejable prevenir, en forma previa a contar con evidencia «medible». Por otra parte, el hecho de que los efectos sean medibles no significa necesariamente que éstos sean negativos y, por lo tanto, sea aconsejable su regulación.

De hecho, este efecto de «medición» es el que se recoge en los conceptos de evaluación de la calidad ambiental a través de la utilización de normas primarias que regulan el riesgo para la salud de las personas y secundarias de calidad ambiental que protegen muestras representativas de especies o ecosistemas propios del país, regulan el uso de los recursos renovables de uso público, protegen construcciones, monumentos o propiedad física en general y disminuyen la irreversibilidad de los impactos producidos.

La principal importancia de utilizar las normas como un parámetro de evaluación de la calidad ambiental (y por lo tanto como una manera de definir lo que es contaminación), radica en que se está objetivizando un procedimiento que tiende a ser altamente emocional, forzando además a las

instancias responsables de la generación de normas a definir claramente los objetivos de protección que se pretende lograr a través de la dictación de ellas.¹

- Otra razón que avala la utilización de normas es una de orden social, cultural y económica, en el sentido de que las regulaciones y acciones destinadas a controlar la contaminación ambiental generan costos a la sociedad que deben tener una contraparte directa en los beneficios generados por descontaminación de un ambiente, e indirectamente en la cantidad global de recursos que la sociedad destina a distintas acciones (por ejemplo, en un contexto real de recursos limitados, los beneficios de las acciones de descontaminación deberían ser a lo menos iguales a los beneficios de acciones de educación, salud u otras). El equilibrio entre los costos y beneficios derivados de la contaminación, aparece tratado en el trabajo de José Miguel Sánchez, en el capítulo 3, «Instrumentos de política económica para el control de la contaminación». Esta situación se refleja en la figura que se presenta a continuación.



^a En otras palabras disposición a pagar por aire limpio.

^b En otras palabras obtención de aire limpio.

¹ Debe tenerse en consideración que al ser las normas de calidad ambiental, ya sean primarias o secundarias, las que definen un ambiente contaminado en

Lo que se refleja en abstracción en la figura, es el hecho de que si los costos marginales sociales incurridos en el control (inversiones en disminución, más control y fiscalización) de la contaminación ambiental son mayores que sus beneficios marginales (demanda por aire limpio, salud, "bienestar y otros), la sociedad estaría peor que si no se hubiera llevado a cabo esa acción.

El beneficio marginal social es decreciente respecto de la disminución de concentración existente. Esto es, para niveles altos de concentración ambiental, el beneficio de reducir dicha concentración en una cantidad dada es mayor que el beneficio de reducir esa misma cantidad en niveles menores de concentración ambiental (o de *más* aire limpio).

El nivel óptimo de calidad ambiental obtenido de la forma reseñada, supone entonces una armonización de distintas variables que importan a la sociedad, y evita la consideración del fenómeno de la contaminación en forma aislada, lo que puede distorsionar gravemente, y con efectos negativos, la correcta asignación de recursos. Ello es particularmente importante para países de escasos recursos como el nuestro.

Por ende, según los recursos de que disponga una sociedad dada, el óptimo nivel de calidad ambiental será variable y podrá ser más alto o más bajo según el caso.

Este análisis, que lleva a la determinación del óptimo nivel de calidad ambiental, no incorpora aspectos éticos o morales, y, por lo tanto, no es un modelo absoluto en términos de otorgar una receta de decisión. Lo que sí refleja son las bases conceptuales que deberían ayudar a la objetivización de los análisis de situaciones de regulación de la calidad ambiental.

relación a uno no contaminado, están separando la fracción de ese ambiente que es de uso público (independientemente de que sistema de regulación sea utilizado) de la fracción que no es posible utilizar. En el límite las normas de calidad ambiental pueden ser usadas con una finalidad expropiatoria. Se han planteado discusiones en ese sentido en la declaración de especies y áreas protegidas (alerce, araucaria, quinquén).

En general, la literatura plantea que los estándares de calidad ambiental deben responder a las siguientes preguntas para evaluar su consistencia técnica (de protección) y ética (desde una perspectiva de respeto a derechos adquiridos):

- a) Cuan importante es el recurso a ser protegido y cuan válida es la información que respalda los niveles definidos.
- b) Cuál es el valor actual o esperado (tomando en cuenta expectativas evaluables) del recurso regulado y cuál es su estructura de propiedad.

Al existir *una* calidad ambiental óptima, distinta a contaminación «cero», se está validando el concepto de alteración del medio ambiente, el que explica la situación existente entre calidad ambiental distinta a la «natural» y contaminación.

De acuerdo a lo anterior, medio ambiente libre de contaminación sería el que presenta una calidad ambiental mejor a la establecida por las normas respectivas. En este sentido, contaminante sería toda sustancia cuya concentración durante un lapso dado supera las normas de calidad ambiental. Si tales concentraciones y duraciones no son superadas, la sustancia no es contaminante, aunque altere la composición, propiedades o comportamientos naturales de los componentes del medio ambiente. Esto último ocurre siempre en la naturaleza.

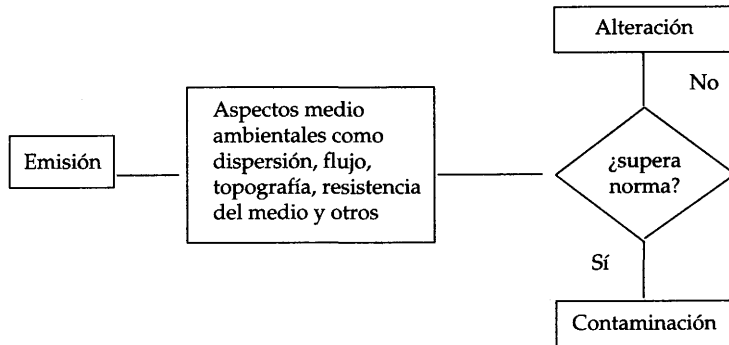
En resumen, alteración no necesariamente constituye contaminación. Alteración es un fenómeno físico, químico o biológico medible en términos absolutos o reales. En cambio, contaminación implica un acuerdo político y social de orden eminentemente variable, de acuerdo a situaciones culturales, éticas, filosóficas, económicas y otras. De ahí que deba ser definido jurídicamente, de lo contrario hasta la respiración de un ser humano o la fotosíntesis de las plantas serían consideradas contaminantes. Por lo tanto, lo que debiera ser definido es aquello que constituye una alteración relevante del medio ambiente y ello debiera ser considerado, desde un punto de vista jurídico, «contaminante».

Resumiendo, lo que se considere jurídicamente contaminación debe ser producto de una convención (acuerdo social) y expresarse a través de normas, pues en el mundo real todo contamina de un modo u otro, ya que no existe un estado natural único.

Por emisión se entiende:

La acción de incorporar al medio sustancias, elementos, energía o una combinación de ellas distintas de las preexistentes.

Consistentemente con lo expresado en las definiciones utilizadas para describir el fenómeno de contaminación, se deduce que puede haber emisión sin que exista contaminación, pero no puede haber contaminación sin que haya emisión. A su vez, el control de la emisión es sólo una de las maneras para controlar la contaminación (aunque es la más utilizada dada la relación directa existente entre ambos fenómenos). Lo anterior se puede explicar en el diagrama que se presenta a continuación:



Como se aprecia de la figura, sería posible controlar la contaminación sin variar la emisión a través de alterar los aspectos ambientales. De hecho, esto se hace comúnmente cuando se diluyen los efluentes (sin variar la carga total vertida al medio). Mucho se habla, en el caso de Santiago, de modificar la topografía o la dispersión.²

En lo que respecta a los estándares secundarios de calidad ambiental, el impacto sobre los objetos de protección dependerá de la resistencia intrínseca de los recursos (distintos vegetales por ejemplo resisten de mejor o peor manera a distintos contaminantes e igual cosa puede decirse de los materiales de construcción) y de las características del medio. Es así como la humedad, radiación solar y en muchos casos la presencia de otros elementos tales como material particulado, de origen antrópico o natural, variarán de manera importante la reactividad, y eventual agresividad, de ciertos gases como el dióxido de azufre o de los óxidos de nitrógeno.

De lo anterior se deriva la necesidad de incorporar a los procedimientos de generación o definición de estándares la especificación de las condiciones naturales que dieron origen a la necesidad de regular el medio en cuestión. Es así como se producirá una situación muy distinta al arrojar efluentes a un curso de agua que presenta condiciones de sequía, que a uno de caudal superior a sus condiciones normales (crecida milenaria por ejemplo). Si el curso fuera regulado para


² A este respecto, es conveniente manifestar que, en general, (existen casos particulares donde la situación es distinta) el orden de magnitud o escala de los fenómenos es totalmente distinto. En el caso de Santiago, la mala dispersión de contaminantes atmosféricos responde a fenómenos de escala continental.

las condiciones de crecida milenaria, permanecería la mayor parte del tiempo contaminado. Por el contrario, la definición en condiciones de sequía extrema implicaría que el río presentaría, en forma rutinaria, una calidad muy superior a la deseada en los objetivos de regulación.

La situación que se describe en el párrafo anterior es especialmente relevante en el caso de la contaminación atmosférica, donde los fenómenos de dispersión no están tan documentados como en el caso del agua, o en otros sistemas, principalmente de tipo biológico, y, por lo tanto, la variabilidad de las concentraciones ambientales es mucho mayor. Esto puede implicar la necesidad de generar estándares y por lo tanto acciones de regulación para dos situaciones claramente distintas, las de régimen y las de emergencia, en el entendido de que las de emergencia son transitorias y no deben ser extendidas más allá de la duración de la misma, esto es, hasta la recuperación de los niveles de normalidad.

Todo esto redundaría en el tipo de instrumentos de gestión a utilizar, dado que en un caso se requieren instrumentos permanentes que mantengan su eficiencia en forma acorde, mientras que en el otro caso se precisa de instrumentos que puedan ser aplicados en circunstancias pasajeras y, posiblemente, con poco tiempo de aviso.

En conclusión, existen dos fenómenos, la emisión (causa) y la contaminación (efecto) relacionadas entre sí por el entorno y fenómenos naturales. En este contexto, es la sociedad la que debe decidir dónde poner los límites en relación a los objetivos de calidad deseada para los distintos componentes del medio ambiente.



Contaminación y contaminantes, aspectos científicos, teóricos y prácticos

Hugo Sandoval L

Hugo Sandoval L. es Químico y Licenciado en Química, Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente se desempeña como Investigador, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

1. ANTECEDENTES GENERALES

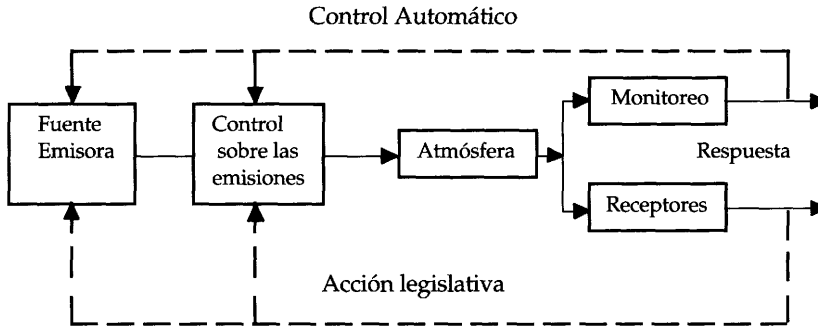
La contaminación atmosférica puede ser definida como la condición que presenta la atmósfera, de una zona dada, cuando la concentración de una o más sustancias supera fuertemente los niveles normales en ese ambiente, produciendo efectos medibles en seres humanos, animales, vegetales y materiales. Estas sustancias pueden encontrarse en estado gaseoso, sólido o líquido, y en el caso de las dos últimas se las denomina partículas o aerosoles.

Por otra parte, en la contaminación atmosférica actúan básicamente tres componentes, los que constituyen un sistema. Estos son: las fuentes emisoras, que pueden ser naturales o antrópicas y producen contaminantes; la atmósfera, que recibe estas sustancias y las transporta a diferentes lugares, bajo la acción, en algunos casos, de procesos de transformación, y, por último, están los receptores, seres vivos y materiales, que son los entes afectados por estas sustancias en el aire.

Durante mucho tiempo se pensó que la contaminación atmosférica era un problema local, asociado a los grandes centros urbanos o zonas altamente industrializadas. Sin embargo, en las últimas décadas han aparecido problemas globales como la lluvia ácida, el efecto invernadero y, en los últimos 8 años, el agujero del ozono en la zona antártica, que afecta durante unos 3 meses incluso a parte del territorio sur de Chile. Esto ha conducido a considerar la contaminación atmosférica como un problema generalizado, permitiendo desarrollar enfoques continentales, en algunos casos, como el del efecto invernadero.

Actualmente, se ha tomado la decisión de actuar sobre la contaminación atmosférica y para ello se la considera como un sistema, el que se presenta en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



En el gráfico anterior, cada bloque representa un proceso definido dentro del sistema contaminación atmosférica. En cambio, la línea punteada indica formas de actuar para lograr una mejor calidad del aire. Destacando, en primer lugar, las fuentes emisoras, las que incluyen el transporte público y privado, la generación de energía industrial-residencial y los procesos industriales. Como segundo punto está el control sobre las emisiones, que incluye una amplia gama de posibilidades técnicas y operacionales. A continuación está la atmósfera, que es el medio que transporta, diluye y transforma física y químicamente los contaminantes. Por último, están el monitoreo y los receptores, que son los causantes de aplicar drásticas medidas cuando la concentración de contaminantes es extremadamente alta, superando las normas de calidad de aire en un factor superior a dos o tres, según el contaminante problema.

2. CONTAMINANTES

Una forma de clasificar los contaminantes es a través de su estado físico o de agregación. Es así como se los divide en contaminantes gaseosos, dentro de los que destacan los compuestos de azufre como dióxido, trióxido, provenientes de procesos de combustión y de fundición de minerales sulfurados, sulfuro de hidrógeno y marcaptanos, producidos a partir de la degradación biológica de materia orgánica con azufre en su estructura molecular, con fórmulas SO_2 , SO_3 , H_2S y CH_3SH o $\text{C}_2\text{H}_5\text{-S-CH}_3$, respectivamente; monóxido de carbono (CO); compuestos

de nitrógeno como óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), sustancias generadas en los procesos de combustión, amoníaco (NH₃) que tiene su origen en excretas líquidas de animales domésticos y salvajes; hidrocarburos gaseosos (HC) o compuestos orgánicos volátiles (COV). Algunos de estos HC tienen origen natural como el CH₄ y los terpenos, producidos por los pentanos, en el caso del primero, y por abetos, eucalipto y pinos, entre otros, los segundos; una de las fuentes más importantes proviene de la combustión de petróleo y sus derivados, que incluyen a los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aldehídos (RCHO), cetonas (R-CO-R), compuestos aromáticos como benceno (C₆H₆); ozono (O₃), entre otros. Otro tipo de contaminantes corresponde a las partículas sólidas o líquidas, denominadas comúnmente aerosoles. Dentro de estas partículas se encuentran aquellas que tienen diámetro aerodinámico medio mayor que 50 micrones y corresponden a las partículas sedimentables, porque decantan por gravedad, y las con diámetro entre 10 y 50 micrones (1 micrón (μm) = 10⁻⁶m), que representan las partículas totales en suspensión (PTS) y, aquellas con diámetro menor que 10 μm que componen la fracción de partículas respirables. La respirabilidad de las partículas varía según el diámetro y se expresa en porcentajes que son de 100, 75, 50, 25 y 0 por ciento, según sea el valor del diámetro, de 2 - 2,5 - 3,5 - 5 y 10 μm, respectivamente.

El hecho de que las partículas sean contaminantes, y el grado de efecto agresivo que éstas tengan sobre la salud humana, está asociado, por una parte, al tamaño y, por otra, a su composición química. Esto conduce a que, en algunos casos, sea necesario disponer de las máximas concentraciones en partículas para sustancias como plomo, arsénico, cadmio, aerosoles, sulfatos y ácido sulfúrico, entre otras.

Adicionalmente, se agrupa a los contaminantes según su origen, el que puede ser natural (aerosoles marinos, sulfuros provenientes de emanaciones volcánicas, óxido nítrico de tempestades eléctricas) o antrópico (producidos por la acción del hombre, en diferentes procesos). Entre éstos se encuentran SO₂, CO y sales de plomo.

Por último, a los contaminantes se los clasifica en primarios, emitidos directamente al aire a través de diferentes procesos (CO, SO₂, partículas), y secundarios, que provienen de transformaciones homogéneas y heterogéneas que experimentan los contaminantes primarios, para generar sustancias como ozono, sulfatos, nitratos, aerosoles, ácido sulfúrico y sustancias orgánicas como aldehídos y nitratos de peroxiacilo (PANs), entre otros.

3. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES

La emisión de sustancias a la atmósfera es un proceso constante, que debido a sus efectos nocivos sobre el medio ambiente eleva, en algunas ocasiones, el rango de concentraciones a niveles de preocupación. Sin embargo, este fenómeno no es acumulativo en el tiempo, sino que más bien es controlado por procesos que suceden en la atmósfera, dentro de los que destacan:

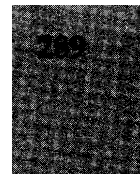
- Difusión de contaminantes en la atmósfera
- Deposición seca y húmeda
- Transformación de sustancias

A continuación se desarrolla una descripción de cada uno de estos procesos.

3.1. Difusión de contaminantes

Una sustancia introducida a la atmósfera es sometida a un proceso de transporte y dilución en el aire, a causa del constante movimiento que experimentan las diferentes capas de aire que conforman la atmósfera. Este movimiento es controlado por distintas variables meteorológicas, entre las que destacan: dirección y velocidad del viento; presencia de inversiones de temperatura, que pueden ser de superficie o radiativas y de altura, ambas presentes en el valle central de Chile, en que está inserta la ciudad de Santiago; presión, temperatura, humedad y radiación solar. Algunas de estas variables, como la velocidad del viento de superficie y su dirección, el perfil de temperatura y la turbulencia atmosférica, permiten obtener diferentes clases de estabilidad atmosférica que facilitan o dificultan la capacidad de dispersión de los contaminantes en ella. Entre estas clases se encuentran las de condición de estabilidad extrema, moderada, suave y neutra. La de estabilidad suave y moderada predomina en Santiago en los meses de invierno y conduce a una baja capacidad de la atmósfera para dispersar contaminantes.¹

¹ Véase J. Escudero O., H. Sandoval L. y P. Ulriksen U. (1985) «Diagnóstico de la contaminación atmosférica de Santiago-Chile». Contaminación Ambiental, Medellín (Colombia), 7(14), p. 25.



3.1 Deposición seca y húmeda

Se designa por deposición seca a la transferencia de contaminantes gaseosos o particulados hacia la superficie de la Tierra, incluyendo suelo, agua y vegetación como medios de remoción. Este proceso se compone de tres etapas distintas. La primera considera el transporte del material a través de la capa superficial a la vecindad inmediata de la superficie. Esta etapa es controlada por difusión turbulenta en la capa superficial y a veces se denomina componente aerodinámico de transferencia. La segunda etapa, denominada componente superficial de transporte, involucra la difusión del material a través de la subcapa laminar próxima a la superficie del último sustrato adsorbente y absorbente. A pesar de que la subcapa laminar es típicamente sólo del orden de magnitud de 10^{-1} a 10^{-2} cm de espesor, la difusión a través de ella puede ser de importancia crítica en la velocidad total de deposición. La solubilidad o absorbilidad de especies en la subcapa determina cuántas de las especies que difunden a través de la subcapa laminar son realmente removidas, y este proceso final, denominado componente de transferencia, constituye la tercera etapa.

Los mecanismos de transporte que conducen a deposición seca son complejos y es por ello que en la descripción de la velocidad de remoción de una especie por deposición seca no se representa el proceso con un gran nivel de detalle.

El proceso de deposición seca se representa en función de una velocidad de deposición « V_d », que se determina experimentalmente. Este proceso puede ser observado en términos conceptuales como análogo al flujo eléctrico o calórico a través de una serie de resistencias. La transferencia de material desde la atmósfera a la superficie se desarrolla a través de tres resistencias, la aerodinámica, la de capa superficial y la resistencia de transferencia. A cada una de estas resistencias se las designa como r_a , r_s , r_t respectivamente, y tienen como unidades scm^{-1} . Es así como V_d se expresa como:

$$V_d = (r_a + r_s + r_t)^{-1}$$

Por lo general, esta velocidad varía de 0,8 a 2,0 y de 0,2 a 0,4 scm^{-1} para SO_2 y sulfates, respectivamente.

La deposición húmeda corresponde a la absorción de contaminantes en gotas, seguida de la remoción de estas gotas por precipita-

ción. Existe una amplia gama de términos que se emplean como sinónimos de deposición húmeda, como son eliminación por precipitación, *washout* y *rainout*. Estos términos corresponden a la remoción de contaminantes de la atmósfera por precipitación, lluvia y nieve. El término *washout* se aplica específicamente a la eliminación que sucede en las nubes; en cambio, el término *rainout* se refiere a la eliminación por debajo de las nubes por la caída de lluvia, nieve o granizo.

En la mayoría de los casos es posible presentar la velocidad local de remoción de un gas o partícula por deposición húmeda, como un proceso de primer orden del tipo $A(z,t) C(x,y,z,t)$ y $A(D_p; z,t)n(D_p; x,y,z,t)$ en que

- C = Concentración del material contaminante gas o aerosol.
- D_p = Diámetro de la partícula
- z = Representa la altura sobre el suelo
- t = Tiempo
- x, y = Coordenadas
- n = Número de partículas

y $A(z, t)$ y $A(D, z, t)$ son los coeficientes de *washout* para gases y partículas, respectivamente, que por lo general dependen de la altura sobre la superficie y del tiempo. El proceso de primer orden se aplica cuando la eliminación es irreversible, tal como sucede con aerosoles y gases de alta solubilidad. En este caso la velocidad de remoción tiene una dependencia lineal con la concentración en el aire de este material y es independiente de la historia previa del sistema.

3.3. Transformación de sustancias. Smog fotoquímico

Corresponde a los procesos de transformación homogéneos y heterogéneos que experimentan las sustancias en la atmósfera bajo la acción de la radiación solar.

En el desarrollo y comprensión de este proceso, juega un rol fundamental la cinética química, disciplina dedicada al estudio de los cambios de concentración en el tiempo para una sustancia dada y de los mecanismos a través de los cuales suceden estas transformaciones o reacciones.



Una forma simple de representar la velocidad física de una reacción es mediante la ecuación (1)

$$(1) d[A]/dt = V = k[A]^n$$

en que:

- V = velocidad de reacción, y representa el cambio de la concentración de A en el tiempo
 [A] = Concentración de la sustancia A
 k = Constante de velocidad de una reacción dada. Para reacciones elementales, depende prácticamente sólo de la temperatura
 n = número entero o fraccionario que representa el orden de la reacción en estudio

La investigación en cinética está orientada a determinar, por una parte, el valor de «k» para las diferentes reacciones de transformación que experimentan los contaminantes en la atmósfera, así como el mecanismo por el cual suceden las reacciones, es decir, el camino que toma cada una de ellas, y, por otra, el valor de «n». Cuando «n» es entero, la reacción es elemental y sucede en una etapa; en cambio, cuando es fraccionario, quiere decir que se desarrolla en varias etapas, teniendo un mecanismo complejo.

A continuación se presentan procesos específicos que suceden en el smog fotoquímico.

3.3.1. Reacciones fotoquímicas de la atmósfera

Son originadas por la absorción de un fotón ($h\nu$) de radiación ultravioleta de longitud de onda (λ) mayor que 3.000 \AA , por una molécula y se esquematizan de la siguiente forma:

$$h\nu = \text{Constante de Planck} = 6,625 \times 10^{-7} \text{ erg x seg.}$$

$$\nu = \text{Frecuencia en ciclos (seg}^{-1}\text{)}$$

$$(2) A + h\nu \longrightarrow A^* (\text{Excitación})$$

La molécula excitada A^* puede participar en los siguientes procesos:

- (3) $A^* \longrightarrow B_1 + B_2$ (Disociación)
 (4) $A^* + B \longrightarrow C_1 + C$ (Reacción Directa)
 (5) $A^* \longrightarrow A + h\nu'$ (Fluorescencia)
 (6) $A^* \longrightarrow A' + h\nu''$ (Fosforescencia)
 (7) $A^* + M \longrightarrow A + M$ (Desactivación por colisión)

Las reacciones fotoquímicas desempeñan un rol importante en la contaminación del aire a causa de los productos que resultan de ellas, fundamentalmente radicales libres, átomos y otras sustancias, mediante un mecanismo muy complejo.² Luego, estos productos participan en reacciones responsables de la transformación de los contaminantes primarios más abundantes como NO, CO e hidrocarburos, y absorben radiación en las longitudes de onda existentes en la baja atmósfera. En cambio, el NO₂, como contaminante primario o secundario, absorbe la radiación ultravioleta que llega a la Tierra y que tiene longitud de onda (λ) mayor que 3.000 Å. El SO₂ presenta una absorción baja entre 3.000 y 4.000 Å y permite ser transformado con reducida eficiencia a SO₃.

3.3.2. Reacciones de los óxidos de nitrógeno

La principal fuente de óxidos de nitrógeno es la combustión interna y externa y particularmente del NO. Sin embargo, cierta cantidad de NO₂ es producida a partir del NO proveniente de los gases de escape de los automóviles al reaccionar con el oxígeno del aire. Aproximadamente hay una transformación del orden del 5% a la salida del tubo de escape.³

Por lo tanto, en atmósferas contaminadas siempre habrá bajas concentraciones de NO₂ y altas concentraciones de NO. El NO₂ desempeña un importante papel en el smog fotoquímico y también en la oxidación de SO₂ a sulfates o ácido sulfúrico, cuando están presentes los HC en la atmósfera.

² Véase K. L. Demerjian, J. A. Kerr y J. G. Calvert (1974) «The Mechanism of Photochemical Smog Formation», *Advances in Environmental Sciences and Technology*, Vol. 4, p. 1.

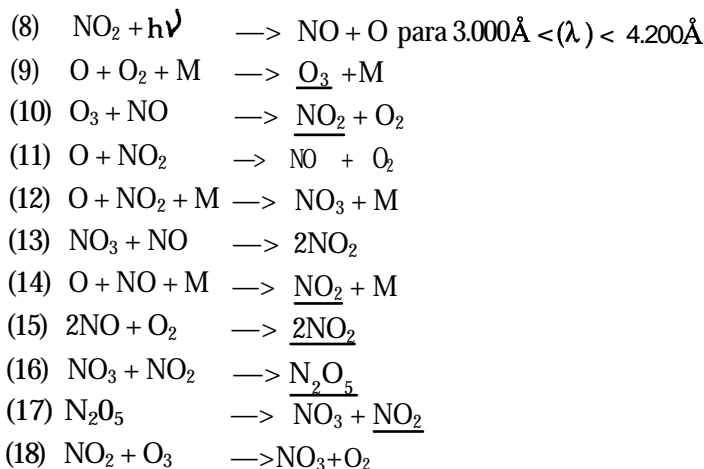
³ Véase E. A. Schuck y E. R. Stephens (1969) «Oxides of Nitrogen», *Advances in Environmental Sciences*, Vol. I, p. 73.



Concentraciones bajas de NO_2 en la atmósfera dan origen a una gran cantidad de reacciones que constituyen parte del smog fotoquímico y que se describen a continuación.

3.3.3. Ciclo fotoquímico del NO_2 , NO y O_3

Las reacciones más importantes entre el NO_2 , NO y el O_2 del aire en presencia de la luz solar son:



donde M es un tercer cuerpo, generalmente N_2 u O_2 , denominado termalizador por recibir energía de otras moléculas y no experimentar cambios. Las reacciones (8), (9) y (10) constituyen el ciclo fotoquímico del NO_2 .

Cabe señalar que el NO_2 es el principal absorbente de radiación ultravioleta entre los contaminantes, y las reacciones (8) y (10) son las más importantes.

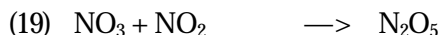
Las sustancias subrayadas son contaminantes secundarios y éstas serían sus formas de producción en la atmósfera.

3.3.4. Reacciones adicionales en el sistema NO_x , H_2O , CO y Aire

Una vez analizadas las reacciones atmosféricas de los óxidos de nitrógeno, el paso siguiente es examinar el papel del vapor de agua y del monóxido de carbono, casi siempre presentes en atmósferas

urbanas. Estas reacciones adicionales pueden explicar la formación de grandes cantidades de ozono.

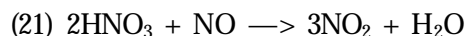
Al considerar la reacción:



en la cual se alcanza la concentración de equilibrio para el N_2O_5 , éste puede hidrolizarse en presencia de agua para formar ácido nítrico, el que da lugar a la lluvia ácida por NO_x .



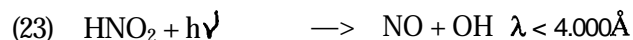
el ácido nítrico puede oxidar al NO



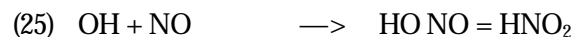
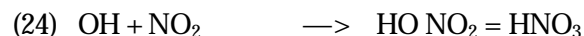
Además, se produce la formación de ácido nitroso de acuerdo a la siguiente reacción:



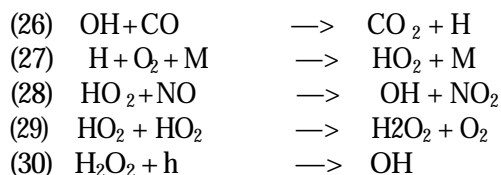
y posteriormente, la absorción de radiación ultravioleta produce la fotólisis del HNO_2 para dar:



El radical hidroxilo posee gran reactividad, especialmente con los hidrocarburos. Algunas de las reacciones de este radical son:



Por otra parte, cuando se agrega CO al aire irradiado que contiene trazas de óxidos de nitrógeno, se producen reacciones tales como las que se describen a continuación, en las que destacan las del radical hidroxilo con el CO (reacción muy importante y casi única en consumo de CO en atmósferas contaminadas),



Las reacciones anteriores proporcionan una explicación de la oxidación de NO en NO₂ en un sistema que incluye óxidos de nitrógeno, agua gaseosa, aire y monóxido de carbono, incluyendo la formación de O₃ mediante la fotólisis del NO₂ en el aire.⁴

Si bien el NO es oxidado a NO₂ por el ozono, son los HC los que favorecen más esta oxidación, principalmente a través de las reacciones en cadena de los radicales libres derivados de los hidrocarburos olefinicos al encontrarse en presencia de ozono en el conocido smog fotoquímico.

3.3.5. Reacciones de los hidrocarburos

El rol fundamental de los hidrocarburos (HC) como contaminantes atmosféricos radica en su participación en el smog fotoquímico. Para ello se requiere de la presencia de NO_x, HC y radiación solar. Si no estuvieran presentes los HC en la atmósfera no se observarían cambios en la concentración de NO en el tiempo, es decir, permanecería constante.

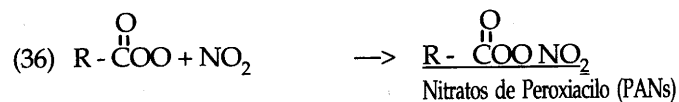
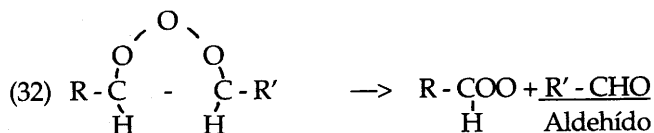
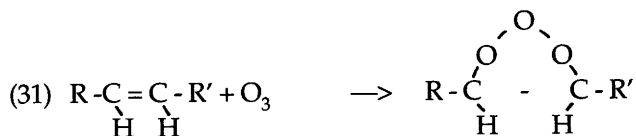
Tal como se ha planteado anteriormente, al analizar las emisiones de los motores de combustión interna, se observa claramente la importancia que tiene el transporte vehicular en la contaminación atmosférica y en especial en la producción de sustancias que dan origen a los contaminantes secundarios.

Dentro de los HC emitidos al aire por los procesos de combustión se encuentran los HC alifáticos o aquellos que sólo tienen enlaces simples y las olefinas o hidrocarburos con uno o más enlaces dobles, además de otras sustancias orgánicas como aldehídos, cetonas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), por nombrar algunos.

Tanto las olefinas como los HC alifáticos o parafinicos son importantes en el smog fotoquímico y su participación se analiza a continuación en forma separada.

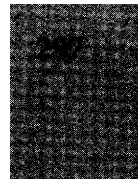
⁴ Véase J. Heicklen (1976) «Atmospheric Chemistry», Academic Press Inc.

Ciclo olefinico del smog fotoquímico:



Exceptuando $\text{R}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{R}'$ y O_3 que son reactantes y, por lo

tanto, sustancias estables, en la reacción se producen otras sustancias estables que están subrayadas con línea segmentada, entre los que destacan los productos de las reacciones (32), (35), (39) y (36) que forman aldehídos, dióxido de nitrógeno y nitratos de peroxiacilo (PANs), respectivamente.



El resto de los productos son radicales libres que participan activamente en otras reacciones que suceden en atmósferas contaminadas, como en el ciclo de las parafinas y en la oxidación del dióxido de azufre.

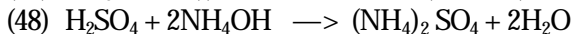
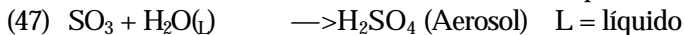
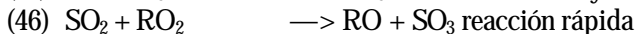
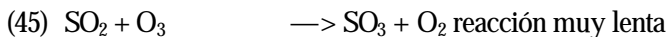
Ciclo parafínico del smog fotoquímico:



En este caso, el reactante R - CH₃ puede ser C₂H₆, C₃H₈ o C₄H₁₀, etano, propano y butano, respectivamente, o cualquier hidrocarburo ramificado o no, pero sin doble enlace.

Mediante las reacciones anteriores se obtienen productos estables que están subrayados con línea continua y que corresponden a agua, dióxido de nitrógeno y aldehídos, pertenecientes a las reacciones (40), (42), (44) y (43), respectivamente.

En el caso del dióxido de azufre, también se observa la participación de los HC a través de los radicales libres en la oxidación a trióxido de azufre y posteriormente a ácido sulfúrico o sulfates, mediante el mecanismo que se describe a continuación.



Exceptuando las reacciones (47) y (48) que son heterogéneas, las restantes son todas homogéneas y suceden mientras haya HC, NO_x y radiación solar.

De acuerdo a los resultados obtenidos de reacciones que suceden en la atmósfera, por medio del smog fotoquímico, se puede concluir que sus principales consecuencias están asociadas a la transformación de NO y SO₂ en NO₂ y SO₃, respectivamente, que darán origen a los correspondientes ácidos nítrico y sulfúrico; causantes fundamentales de la lluvia ácida, con un aporte del 60% para SO₂ y 40% para NO_x. Además, está la producción de aldehídos y cetonas, los que, por

una parte, son fotolizados en el aire, produciendo radicales libres y átomos, \mathcal{J} ; por otra, si no son fotolizados, son contaminantes tóxicos por sí mismos. En el caso de los aldehídos se presenta el efecto lacrimógeno, especialmente cuando son aromáticos como en el benzaldehído.

Finalmente, se ha podido observar que una forma importante de consumo de CO en la atmósfera es a través de su oxidación a CO₂ al reaccionar con el radical hidroxilo [reacción (26)], dándole al monóxido de carbono grandes características de estabilidad en la atmósfera, lo que permite que sea usado como trazador de movimiento de masas de aire contaminadas y sustancia indicadora de índices de contaminación.

4. TIEMPO DE RESIDENCIA

Este concepto representa el tiempo de permanencia de una sustancia en la atmósfera, es decir, el tiempo que transcurre para que desaparezca totalmente por reacción o consumo de otro tipo. Es inversamente proporcional a la reactividad de las sustancias y a los procesos que hacen disminuir su concentración en el tiempo. En general este proceso se puede representar mediante la ecuación (49).⁵

$$(49) \quad \frac{dM}{dt} = P + I - R - O$$

donde:

M = cantidad total de una sustancia en un reservorio

P = velocidad total de producción de la sustancia en estudio

I = velocidad total de flujo másico de entrada

R = velocidad total de remoción de una sustancia dada

O = velocidad total de flujo másico de salida.

De acuerdo a lo anterior, se puede representar el tiempo de residencia « t_r » para las especies de un reservorio mediante ecuación (50):

$$(50) \quad \frac{1}{t_r} = \frac{1}{M} \times \frac{dM}{dt} = \frac{P+I}{M} - \frac{R+O}{M}$$

⁵ Véase W. G. N. Slim (1980) «Relationships between removal processes and residence times for atmospheric pollutants», *AICHE Symposium Series*, N° 196, Vol. 76, Air Pollution.

Adicionalmente, se pueden definir otros tiempos característicos mediante las ecuaciones (51), (52), (53) y (54), que representan:

$$(51) \quad t_p = \frac{M}{P} \quad \text{producción de una sustancia dada}$$

$$(52) \quad t_I = \frac{M}{I} \quad \text{flujo másico de entrada de la sustancia}$$

$$(53) \quad t_R = \frac{M}{R} \quad \text{remoción de la sustancia en estudio}$$

$$(54) \quad t_O = \frac{M}{O} \quad \text{flujo másico de salida de la sustancia}$$

Estas ecuaciones conducen a una velocidad total de incremento para la sustancia en estudio, definida por ecuación (55):

$$(55) \quad \frac{1}{t_S} = \frac{1}{t_P} + \frac{1}{t_I}$$

y, por otra parte, a una velocidad total de decaimiento igual a la representada por ecuación (56):

$$(56) \quad \frac{1}{t_L} = \frac{1}{t_R} + \frac{1}{t_O}$$

de esta forma, se obtiene el tiempo de residencia para una sustancia dada bajo condiciones de estado estacionario, que implica que

$$\frac{dM}{dt} = 0, \text{ y, por lo tanto, } P + I = R + O,$$

lo que conduce a que $t_g = t_L y t_R$ tiende a ser infinito.

El tiempo de residencia medio t_R , simplemente tiempo de residencia, en un reservorio para la especie en estudio está dado por la ecuación (57):

$$(57) \quad t_{r, \text{medio}} = \frac{M}{P+I} = \frac{M}{R+O}$$



En el Cuadro 1 se presentan los tiempos de residencia atmosféricos para sustancias de interés en contaminación atmosférica. En él se puede observar que existe una gran diferencia entre los tiempos de residencia de las sustancias de baja reactividad, como CO₂ y CH₄, que son de 15 y 7 años, respectivamente, con los correspondientes a sustancias reactivas, como H₂S y HNO₃ con tiempos de 2 y 1 día, respectivamente. Cabe destacar que el sulfuro de hidrógeno es un contaminante gaseoso que emiten los automóviles con convertidor catalítico de uso en el país.

En atmósferas altamente contaminadas los tiempos de residencia se reducen a horas, dependiendo de las características de éstas. Es así, como en algunos casos, el SO₂ y NO₂ presentan estos valores en ciudades americanas y europeas.

CUADRO 1 TIEMPOS DE RESIDENCIA ATMOSFÉRICO PARA SUSTANCIAS DE INTERÉS EN CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y FUENTES DE ORIGEN

Contaminante	Fuente Emisora Antropogénica	Natural	Tiempo de residencia
SO ₂	Combustión de carbón y petróleo	Volcanes	4 días
H ₂ S	Procesos químicos	Descomposición de materia orgánica	2 días
CO	Combustión externa e interna	Incendio de bosques	65 días
NO + NO ₂	Combustión	Sección bacteriana en el suelo	5 días
NH ₃	Tratamiento de desechos	Decaimiento biológico	20 días
CH ₄	Tratamiento de desechos	Acción bacteriana	7 años
CO ₂	Combustión	Decaimiento biológico	15 años
HNO ₃	Procesos químicos smog fotoquímico	—	1 día

5. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Dentro de las variables por evaluar cuando se analiza la contaminación atmosférica están, aunque no es el caso en Chile, los efectos de los contaminantes sobre el medio ambiente, que incluye seres vivos, materiales y alteración del comportamiento de propiedades de la atmósfera, como, por ejemplo, pH del agua de lluvia y conductividad.

A continuación se entrega un análisis resumido de los efectos que presentan los contaminantes. Para ello se consideran en forma separada partículas y gases.

5.1. Efectos de las partículas en suspensión

Se analiza el efecto del material particulado, sobre el medio ambiente, considerando el impacto sobre la salud humana y animal. Cuando es inhalado el material particulado, sus efectos están asociados, por una parte, al lugar en que son depositadas las partículas en el aparato respiratorio, que depende del tamaño y forma de ellas—a menor tamaño mayor respirabilidad— y, por otra, a la composición química de ellas.

La deposición de partículas en el sistema respiratorio depende de tres fuerzas físicas:

- i) Fuerzas inerciales son las causantes de deposición en la nasofaringe. La inercia es muy importante en los grandes conductos del sistema respiratorio, especialmente cuando se requiere respiración rápida forzada. Su importancia decrece mientras más adentro del sistema respiratorio se encuentren las partículas.
- ii) La sedimentación gravitacional es proporcional a la velocidad de deposición de la partícula y al tiempo disponible para sedimentar. Como la velocidad decrece en los conductos estrechos del sistema, el efecto gravitacional se ve aumentado.
- iii) En el caso de partículas finas, la fuerza más importante es la de difusión y conduce a una sedimentación o depósito en

las paredes de los ductos finos del sistema, como es el espacio alveolar. Esta fuerza es una magnitud significativa para partículas de diámetro sobre 0,5 micrón.

Una vez depositadas las partículas, su importancia está asociada a su acción irritante, la que no es función sólo de la naturaleza de ellas, sino, también, de la facilidad de absorber o adsorber otras sustancias en la superficie de ellas, que en ciertas ocasiones da lugar al sinergismo.

Efecto sinérgico es el fenómeno que presentan algunas sustancias que al encontrarse en presencia de otras incrementan su agresividad frente al medio que las rodea. Un típico ejemplo de sinergismo se observa cuando las partículas se encuentran en presencia de SO₂ en el aire, tanto es así que cuando la concentración, en microgramos por metro cúbico, de partículas multiplicada por la de dióxido de azufre es de 490.000, se está frente a una grave amenaza sobre la salud humana. Este número fue superado en los episodios de contaminación en Londres en la década de los cincuenta. Otro ejemplo de este tipo lo presentan los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) que en algunos casos no son agentes mutagénicos, pero se comportan como tales cuando están en presencia de otros HAP.

Los HAP están presentes en el humo de cigarrillos, en el hollín emitido por el escape de los vehículos diesel (humo negro) y de los gasolineras (humo azul) y, fundamentalmente, en orden decreciente, en emisiones provenientes de la combustión externa de leña, petróleos pesados (5 y 6), carbón y otros combustibles derivados del petróleo pero de menor densidad. Esta es la razón por la que, en Santiago en los últimos años, se han tomado acciones que parecieran drásticas, sobre las emisiones de vehículos diesel, así como sobre la utilización de leña en artefactos de uso residencial.⁶ Las concentraciones de estas sustancias medidas en el aire indican que Santiago es una de las ciudades con altas tasas de emisión.⁷

⁶ Véase Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana (CEDRM) 1990. «Programa de Descontaminación para la Región Metropolitana».

⁷ Véase H. Sandoval L. y P. Toro E. (1990) «Distribución espacial de hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire de Santiago de Chile». XIX Congreso Latinoamericano de Química. Buenos Aires, Argentina, p. 1.222.

Por otra parte, los HAP tienen transformaciones en la atmósfera que conducen a producir nitroderivados y otras sustancias de mayor agresividad para la salud humana.

Otras sustancias que están presentes en las partículas son el plomo, arsénico, cadmio, mercurio, ácido sulfúrico y sulfates, por nombrar algunos. Dentro de éstas, los efectos que produce el plomo se resumen en una acumulación en los huesos y tejidos, produciendo alteraciones nerviosas y reducción de la función renal.

Hay dos formas cómo el plomo ingresa al organismo: la primera, y más importante, corresponde a la ingesta por los alimentos que alcanza a alrededor del 80%; en cambio, el 20% restante corresponde a la segunda, que está asociada al ingreso por las vías respiratorias.

Por último, es destacable el hecho de que haya partículas que el organismo tarda varios años en eliminar, como son las del humo de cigarrillos que están en el rango de 100% de respirabilidad. Pero, también, hay otras que son eliminadas en días y horas, como es el caso de las interceptadas en la faringe, sin considerar su desaparición por solubilización o reacción.

5.2. Efectos de los contaminantes gaseosos

En este caso, se hace una presentación considerando el efecto sobre la salud humana y en forma separada sobre los vegetales.

Efectos sobre la salud humana:

- i) *Monóxido de carbono*: actúa por asociación con la hemoglobina de la sangre, formando carboxihemoglobina, reduciendo ostensiblemente la oxigenación debido a que el CO es 210 veces más reactivo que el oxígeno con la hemoglobina. Por lo tanto, se observa una disminución en el transporte de oxígeno por la sangre hacia las células del cuerpo humano. Esto produce pérdidas de reflejos, dolores de cabeza, náuseas e incluso vómitos, cuando la concentración de CO supera las 120 partes por millón (ppm) por una hora. Sin embargo, este problema no es de gravedad, ya que es reversible y en unas cuantas horas el organismo puede regenerar la hemoglobina a partir de carboxihemoglobina, y

quedar en condiciones de poder asociarse con oxígeno la primera de ellas, para cumplir la función de oxigenación.

- ii) *Dióxido de azufre:* Esta sustancia de carácter ácido tiene efectos irritantes sobre las vías respiratorias, creando problemas de bronquitis obstructiva. Al encontrarse en presencia de partículas en suspensión, la sinergia producida por ambas sustancias aumenta su agresividad. Por otra parte, el carácter ácido y la solubilidad de esta sustancia en agua (las vías respiratorias están húmedas constantemente) permiten que origine problemas puntuales en regiones de alta sensibilidad del sistema respiratorio, especialmente cuando existe la posibilidad de transformar el SO_2 en ácido sulfúrico. En resumen, el efecto más importante de esta sustancia está asociado a un aumento de las enfermedades respiratorias.

- iii) *Dióxido de nitrógeno:* Este es otro de los contaminantes gaseosos presentes en la atmósfera que poseen carácter ácido. Su acción se manifiesta mediante la descomposición del NO_2 con la humedad, que frecuentemente presenta el sistema respiratorio, transformándolo en ácido nítrico. Durante los últimos años, la literatura internacional muestra una gran cantidad de estudios que han estado orientados a dimensionar los efectos del NO_2 sobre la salud humana, situación que con anterioridad no había sido estudiada.⁸

- iv) *Ozono:* Contaminante gaseoso secundario, producido por el smog fotoquímico, que afecta la salud humana a través de la alta reactividad que muestra esta sustancia en presencia de compuestos orgánicos con doble enlace. Una de las acciones más relevantes está asociada a la acción directa que presenta este contaminante frente a proteínas y elementos constitutivos de las células que poseen enlace doble. Esta situación conduce a transformaciones químicas que pueden dar lugar incluso a mutaciones a nivel celular, cuando esta

⁸ Véase V. Hasselblad, D. M. Edd y D. J. Kotchmar (1992). «Synthesis of Environmental Evidence: Nitrogen Dioxide Epidemiology Studies». J. Air Waste Manage. Assoc. Vol. 42, N° 5, p. 662.

sustancia penetra al organismo a través de las vías respiratorias. Es uno de los contaminantes de mayor estudio en el campo epidemiológico por sus efectos nocivos a la salud humana.

- v) *Hidrocarburos:* Estas sustancias gaseosas, compuestas mayoritariamente de carbono e hidrógeno, no presentan efectos nocivos sobre la salud al nivel de concentraciones en que están presentes en el aire. Sin embargo, los hidrocarburos que tienen oxígeno incorporado a su estructura molecular, como es el caso de aldehídos, cetonas y algunos ácidos orgánicos sustituidos, por lo general son perjudiciales al hombre, especialmente cuando presentan dobles enlaces, como es el caso de la acroleína. Por otra parte, también son importantes las sustancias aromáticas como el benceno, debido a su alto poder cancerígeno, así como otras sustancias cíclicas con anillos bencénicos presentes en atmósferas contaminadas.

Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre los vegetales:

Los efectos de la Contaminación Atmosférica sobre las plantas se manifiestan por alteraciones bioquímicas, respuestas fisiológicas y síntomas visibles. Destacan para el primero la reducción del nivel de enzimas, en el segundo las alteraciones al proceso de fotosíntesis y supresión de la transpiración, y para el tercero la clorosis (reducción de los cloroplastos), manchas en la superficie de las hojas (bronceado o plateado por daño en la capa epidérmica), reducción en el desarrollo de la planta y disminución de la cosecha, para terminar, en casos extremos, con la muerte de la planta.

Estudios de laboratorio han demostrado la fitotoxicidad de los contaminantes sobre las plantas, dentro de los que destacan ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, fluoruros (HF, F) y nitratos de peroxiacilo (PANs).

En algunos casos, los contaminantes producen marcas visibles en las plantas o frutos de éstas, destacando como ejemplos las plantas de lechugas, tomates, tabaco, avena; orquídeas, rosas, gladiolos y otras flores; frutales como parras, cítricos, duraznos, damascos entre otras, que se traducen en pérdidas económicas directas. En este caso,

cabe destacar que es altamente recomendable considerar las características del medio ambiente, antes de tomar decisiones relativas a la plantación de frutales o de otros productos agrícolas, con el fin de no lamentar pérdidas económicas causadas por los contaminantes.

A continuación se presenta en el Cuadro 2 los daños que producen algunos contaminantes, su concentración umbral de inicio del daño y por último el período de exposición.

CUADRO 2 EJEMPLOS DE DAÑOS PRODUCIDOS POR CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Contaminantes	Síntomas	Concentración de inicio del daño M-g/m ³	Tiempo de Exposición
SO ₂	Manchas en las hojas, clorosis	785	8Hrs.
O ₃	Manchas y oscurecimiento de hojas	59	4Hrs.
PANs	Plateado y bronceado de hojas	50	6Hrs.
NO ₂	Daños irregulares por manchas blancas o cafés	4.700	4Hrs.
HF	Quema de puntas y bordes de las hojas, separación al interior de ellas	0,08	5 semanas

De la tabla anterior se infiere que la contaminación atmosférica afecta negativamente a la producción agrícola, en especial en plantas de tomates, árboles frutales, pinos y siembras agrícolas. Los costos producidos por la contaminación atmosférica son difíciles de estimar. Sin embargo, estimaciones realizadas para el año 1981 en EE.UU. indican que las pérdidas en las cosechas son del orden de 1 a 2 billones de dólares, equivalentes a un 2 a 4% de la producción total.

6. MONITOREO DE CONTAMINANTES

Se entiende por monitoreo de contaminantes atmosféricos la acción de medir cuantitativamente la concentración de estas sustancias por unidad de volumen.

Para expresar las concentraciones se emplean unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o partes por millón en volumen (ppm), dependiendo del tipo de sustancia a medir. A veces se usan las partes por cien millones (pphm) o partes por billón o trillón (ppb o ppt), respectivamente, y también los nanogramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), según el nivel de concentraciones presentes en el aire.

Hay dos formas de medir contaminantes. La primera opera a través de métodos integrados, que proporcionan la concentración media para un muestreo en un tiempo definido, y la segunda permite obtener valores instantáneos por unidad de tiempo y se los denomina discontinuos y continuos, respectivamente.

La determinación de concentraciones de contaminantes está influida por una serie de parámetros, dentro de los cuales destacan la concentración, que en algunos casos es extremadamente baja; las posibles interferencias de otras sustancias con la de interés por evaluar, y, por último, el principio de operación del equipo de monitoreo.

Por otra parte, se aplican diferentes criterios para estimar la aptitud y utilidad de una técnica de análisis específica, dentro de los cuales están:

- Exactitud
- Especificidad
- Precisión o reproducibilidad de las medidas
- Tiempo de respuesta del instrumento
- Facilidad de calibración del instrumento
- Volumen de gas necesario para la determinación

A continuación se presenta una descripción breve de cada uno de estos términos.

- Se entiende por exactitud el grado de semejanza entre el valor medido u observado y el valor verdadero, y depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración. En el caso de los métodos húmedos, la

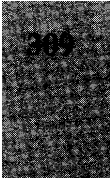
falta de especificidad y la interferencia por otras especies es tino de los problemas más generalizados.

La exactitud de los métodos de calibración depende de la disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. En este caso, se debe considerar el rango de variación de la concentración de la sustancia a medir, realizando una calibración multipunto y definiendo la frecuencia de la calibración.

- La especificidad indica la carencia de interferencias en la determinación. Mientras más alta es, menor serán las interferencias y viceversa.
- Precisión: se define como el grado de semejanza entre una serie de medidas y el valor medio de las observaciones.
- Tiempo de respuesta: corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada. Por ejemplo, segundos que tarda en responder cuando se introduce un gas de calibración o una señal externa.
- Facilidad de calibración del instrumento: está asociada a la disponibilidad de gases de calibración en el mercado (estándares primarios) y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como a la frecuencia de empleo.
- Volumen de gas necesario. Aplicable a los métodos húmedos, pero también a los otros, dependiendo del comportamiento de las concentraciones de sustancias a medir.

Otro factor de interés en el monitoreo de contaminantes está asociado a la instalación de los equipos y en forma muy especial a la toma de muestra. Sobre este tema destaca la influencia del material a través del cual es conducido el aire a muestrear, que debe ser lo más inerte posible para evitar pérdidas por reacciones o absorción y adsorción de la sustancia en estudio.

Por otra parte, está la ubicación de la estación de muestreo o del equipo en cuestión, que tiene una fuerte influencia en los resultados, a causa de la falta de representatividad de ellos cuando existen proble-



mas de interferencia física al flujo de aire contaminado en las proximidades del lugar, o de influencia directa de fuentes emisoras sobre la toma de muestra, por impacto del penacho.

A continuación se presentan las características más relevantes de los sistemas de monitoreo de contaminantes atmosféricos.

6.1. Monitoreo de partículas

Una forma de clasificación gruesa del material particulado en la atmósfera lo divide en partículas sedimentables y totales en suspensión, por lo que debe hacerse un análisis de cada caso en forma separada.

6.1.1. Partículas sedimentables

Son muestreadas por medio de un dispositivo denominado jarro colector, que tiene un alto y un diámetro definidos, con un volumen aproximado de 2 litros, al que se le agrega agua destilada con algunas sustancias que evitan la producción de hongos y microorganismos. Sobre este líquido sedimentan las partículas y una vez al mes es sometido a análisis gravimétrico, previa evaporación del agua. La concentración de estas partículas se expresa en $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$.

6.1.2. Partículas totales en suspensión

En este caso, se emplea el muestreador de alto volumen (high volume sampler o hi-vol) como método de medición y que es clasificado como método de referencia por la USEPA (lo que quiere decir que es el método recomendado por este organismo para medir las partículas y considerar su valor en relación a la norma de calidad de aire).

Básicamente, el equipo opera filtrando, en 24 horas, alrededor de 2.000 m^3 de aire en un filtro de fibra de vidrio de 8×10 pulgadas. Este sustrato es acondicionado previa y posteriormente al muestreo en el aire, de tal manera que es posible determinar el peso neto de las partículas, eliminando el exceso de humedad en el proceso de acondicionamiento. La concentración de partículas se obtiene dividiendo la masa neta de partículas por el volumen muestreado.

6.1.3. Partículas respirables

Para muestrear este tipo de partículas se emplea, como método de referencia, el muestreador de alto volumen con cabezal PM-10 (de ahí viene el nombre abreviado de este método), que opera mediante el uso de filtros de fibra de vidrio de 8 por 10 pulgadas por el que pasa un flujo constante de $68 \text{ m}^3/\text{h}$ o $1.630 \text{ m}^3/24 \text{ hrs}$. Este equipo discrimina a la entrada del cabezal PM-10 a las partículas con diámetro inferior a 10 mm. El método es gravimétrico y se aplican las mismas operaciones que en el caso de las PTS en cuanto a acondicionamiento y pesaje del filtro.

En la actualidad hay otros métodos que están en la categoría de los de referencia o equivalentes, según recomendaciones de la USEPA, como son el método TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) y los equipos de atenuación β . Todos ellos emplean un cabezal especial que corta en 10 mm el muestreo de partículas. Estos equipos operan con un flujo constante de un metro cúbico por hora, cayendo en la categoría de muestreadores de bajo volumen. En la literatura internacional ha habido una discusión muy profunda sobre las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.⁹

6.1.4. Distribución de tamaño de partículas respirables

Tal como fue planteado en el punto 5 del presente trabajo, la importancia de las partículas radica en la respirabilidad de ellas. Sólo así es posible considerar sus efectos en salud humana. En la determinación de distribución de tamaño se emplean básicamente dos métodos, que incluyen a los impactadores inerciales y a los de cascada, sobre los cuales se hace un análisis a continuación:

- Impactadores inerciales: operan con bajo volumen y se les denomina, comercialmente, muestreadores dicotómicos. El principio de operación se basa en producir una estrangula-

⁹ Véase J. B. Wedding (1991) «Facts, Fallacies and Popular Myths». J. Air Waste Manage. Assoc. Vol. 41, N° 11; H. Patashnick y E. G. Rupprecht (1991) «Continuous PM-10 measurements using Tapered Element Oscillating Microbalance», J. Air Waste Manage. Assoc. Vol, 41, N° 8, p. 1.079.

ción en el ducto que conduce el aire contaminado y una bifurcación del caudal en la relación 9:1, siendo el caudal que contiene a las partículas bajo $2,5 \mu\text{m}$ (fracción fina) el superior. En cambio, el de aquellas con diámetro entre $2,5$ y $10 \mu\text{m}$ (fracción gruesa) es el más bajo.

El método opera por gravimetría, lo que implica acondicionar los filtros (membranas de politetraflúor etileno) para evitar la influencia de la humedad y, además, disponer de una balanza adecuada a la masa que se pesará, puesto que de lo contrario los resultados serán de baja confiabilidad y no representativos de la realidad.

- Impactadores de cascada: funcionan mediante jets de impactación que tienen diámetro decreciente para cada una de las etapas del equipo. Como el caudal es el mismo al reducirse el diámetro por el que pasa, se produce un incremento en la velocidad de los gases y las partículas quedan atrapadas sobre una superficie no rebotante, por impactación sobre ella.

Según el número de etapas del equipo serán los cortes de muestras que entregará el monitor. Hay algunos que proporcionan 5 o hasta 10 cortes, según las características de diseño del fabricante. Este método también usa balanzas para determinar la masa, por lo que será necesario aplicar los mismos criterios que en los impactadores virtuales o dicotómicos.

A todas las muestras de partículas colectadas por diferentes metodologías se las puede someter a análisis químico cuantitativo, para determinar la concentración de sustancias y elementos de interés en estudios epidemiológicos de los efectos de la contaminación sobre la salud humana.

6.2. Monitoreo de gases

En la determinación de gases se aplican diferentes metodologías de análisis que forman parte de los métodos discontinuos y continuos. Algunos de ellos captan la muestra en soluciones especifi-

cas para cada sustancia y operan a través de absorción del contaminante sobre la solución; en cambio, hay otros que analizan directamente la muestra desde la corriente de aire gaseosa, libre de partículas. Dentro de los métodos discontinuos o integrados están los de absorción en fase acuosa, y en los instantáneos se encuentran los de monitoreo continuo con respuesta instantánea, la que es almacenada en un registrador o en archivo magnético; también en estos últimos están los tubos de absorción que son específicos para cada sustancia.

A continuación se presenta una descripción de los diferentes métodos, en general, y de los utilizados en la determinación de sustancias gaseosas, denominados métodos de referencia.

6.2.1. Tubos colorimétricos

Son dispositivos que funcionan mediante reacción química específica para cada sustancia gaseosa a determinar, produciendo una mancha coloreada en un soporte blanco o incoloro que contiene al reactivo específico para el análisis. La concentración es directamente proporcional al largo de la mancha, la que, dependiendo de la sustancia a medir, podrá ser negra, como es el caso del CO o amarilla rojiza para el NO₂.

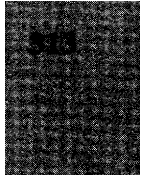
La precisión del método no es muy alta, pero son recomendados para hacer diagnósticos gruesos.

Cada tubo es usado una sola vez, después de haber pasado un volumen de aire de alrededor de cien centímetros cúbicos, entregando la concentración al instante.

6.2.2. Métodos de absorción

Se aplican en la determinación de diferentes sustancias gaseosas. El sistema opera haciendo burbujear sobre un reactivo específico la muestra de aire, que es variable en caudal para cada solución absorbente y contaminante a medir.

La concentración de cada sustancia es determinada por colorimetría, a través de un tratamiento químico, para posteriormente medir cuantitativamente el contaminante en estudio, por medio de absorción de luz en un espectrofotómetro ultravioleta-visible.



Para que la determinación sea confiable deben tomarse las precauciones que se detallan a continuación:

- Curva de calibración adecuada al rango de concentraciones a medir, hecha en lo posible durante el desarrollo del análisis, calibrando el equipo con la mayor frecuencia posible.
- Toma de muestra: debe hacerse bajo estricto cumplimiento de exigencias del equipo, entre los que destacan flujo por unidad de tiempo, volumen de aire a muestrear y cantidad de solución absorbente requerida.
- Características del material y del burbujeador usado en la experiencia (ejemplo, si debe ser ámbar para evitar la influencia de la luz y diámetro de la burbuja), así como diámetro del dispositivo que contiene la solución absorbente.
- Manipuleo de la muestra, que considera temperatura mientras es tomada la muestra y tiempo de almacenamiento.
- Características de los reactivos y soluciones a usar. Estas deben ser de alta pureza, preparadas y almacenadas conforme a recomendaciones del método.

Cumpliendo con estas exigencias, el método tiene gran precisión e incluso puede ser de referencia, como es el de la pararosanilina para medir dióxido de azufre.

6.2.3. Métodos continuos

En esta categoría se encuentra la mayoría de los métodos de referencia para monitorear gases, recomendados por la USEPA, y de amplio uso a nivel mundial y local.

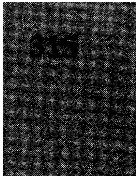
Cada equipo monitor opera mediante un método físico de detección, que es específico para cada sustancia.

Se presenta, a continuación, una breve descripción de los principios y monitores más usados en el muestreo de gases contaminantes con norma de calidad de aire:

- *Monóxido de carbono:* en su determinación se emplea el método infrarrojo no dispersivo o el método de filtro de correlación gaseoso. Ambos métodos operan mediante

espectroscopia infrarroja, pero el último es de la década de los 80, mientras el otro es de los 70.

- *Hidrocarburos gaseosos:* son determinados mediante el detector de ionización de llama, que es bastante complejo de operar y tiene complicaciones, ya que requiere de gases ultrapuros como ser hidrógeno y aire cero (aire compuesto sólo de nitrógeno y oxígeno), gases de alto costo y escasa disponibilidad en países del tercer mundo. Mediante este equipo se determinan hidrocarburos gaseosos totales, incluyendo metano, o hidrocarburos gaseosos no metánicos, mediante uso de columna que adsorbe metano. Y, por lo tanto, cuando se desea determinar a este último se procede a desorberlo de la columna.
- *Dióxido de azufre:* este contaminante puede ser determinado por fluorescencia de pulso o mediante detector fotométrico de llama. Ambos equipos son muy confiables y considerados métodos de referencia. El de fluorescencia de pulso opera en forma estática, pues requiere de línea de 220 Volt; en cambio, el fotométrico es diseñado para operar en forma estática o portátil, situación que le da mayor versatilidad. Adicionalmente, el detector fotométrico de llama permite determinar SO₂ y sulfuros gaseosos orgánicos e inorgánicos.
- *Óxidos de nitrógeno, óxido nítrico y dióxido de nitrógeno (NC_x).* En su determinación se emplea la luminiscencia química como método de referencia. Es muy preciso, pues mide tanto NO como NO₂ en forma independiente, mediante la determinación de NO directamente y de NO₂ por transformación de éste en NO.
- *Ozono:* es medido mediante espectroscopia ultravioleta, empleando la longitud de onda de 2.537 Å. El principio de detección es altamente confiable, pero el gran problema asociado a su uso tiene relación con la calibración, que es dudosa en cuanto a su credibilidad.



Todos estos monitores de gases entregan resultados precisos en la medida en que son usados en ambientes normales y no corrosivos o sometidos a grandes cambios de temperatura, siendo necesario disponer de gases de calibración que permiten hacer calibraciones multipunto y chequeo diario de respuesta del equipo.

7. COSTOS ASOCIADOS

7.1. Costos de monitores

En el Cuadro 3 se presenta el precio estimativo de los monitores de gases y partículas de uso más difundido en la actualidad. Esta tabla no incluye otros costos asociados al uso e instalación de estos monitores, y los valores son CIF-Valparaíso.

CUADRO 3 PRECIOS ESTIMATIVOS DE MONITORES A OCTUBRE DE 1992

Dispositivo	Principio de Medición	Sensibilidad	Precio US\$CIF
Monitor CO	Filtro de correlación gaseoso	0,1 ppm	13.200
Monitor de NO _x	Luminiscencia química	0,5 ppb	13.100
Monitor de SO ₂	Fluorescencia de pulso	0,5 ppb	13.600
Monitor de HCT gaseosos	Detector de ionización de llama	0,1 ppm	13.200
Monitor de ozono	Ultravioleta	1ppb	12.800
Monitor de PM10	Gravimétrico	Definido según filtro	5.700

Los precios señalados en el cuadro no incluyen gases de calibración, el sistema de manejo de estos gases y los filtros para el muestreador de partículas, que son variables según el sistema utilizado y el tipo de filtro a emplear para el monitoreo de partículas.

Finalmente, los tubos colorimétricos tienen un valor del orden de 15 dólares la caja de 10 unidades y la bomba para operarlos cuesta alrededor de 120 dólares en el mercado nacional.

7.2. Otros costos

En este punto serán analizados y entregados en forma referencial otros costos que tiene la contaminación atmosférica y que regularmente no son considerados, entre los que destacan los efectos sobre la agricultura, sobre las propiedades y, finalmente, sobre la familia (National Air Pollution Control Administration de EE.UU., 1960).

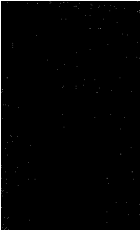
En la agricultura las pérdidas ascienden a 500 millones de dólares que se descomponen en 325 millones en cosechas y 175 millones en ganado. En las propiedades, los costos ascienden a 200 millones de dólares y, finalmente, los costos para una familia se descomponen en mantención de la casa, 17 dólares; mantención interior, 32 dólares; lavandería y lavado en seco, 25 dólares; cuidados del cabello y faciales, 10 dólares, lo que da un valor referencial de 84 dólares por familia para el año 1960.

7.3. Costos en Santiago

La situación de contaminación de Santiago prevé en la actualidad la incorporación de convertidores catalíticos en los automóviles nuevos. Considerando que en nuestra capital hay alrededor de 450 mil y aceptando un precio del orden de 700 dólares por convertidor, esto nos daría un costo asociado al uso de esta tecnología del orden de 310 millones de dólares. Por otra parte, en el caso de las fuentes fijas, estimaciones muy preliminares indican que la inversión para aminorar las emisiones a un rango razonable son del orden de los 50 millones de dólares.

Otros costos, que por lo general no son considerados ni en la literatura ni en Santiago, están referidos a los efectos sobre la salud humana y los montos asociados a tal situación, que como es sabido deben ser bastante considerables, debido a ausencias laborales, gastos en consultas médicas y medicamentos, disminución de la capacidad de trabajo y depresiones.

Por último, en Chile no hay estudios que muestren los costos que la contaminación atmosférica tiene sobre la agricultura, mantención de fachada e interior de viviendas, efectos sobre la agricultura, que con seguridad en algunas zonas deben ser de consideración.



Control de la contaminación atmosférica en EE. UU. (*)

Elizabeth L. Anderson

Elizabeth L. Anderson es Ph.D. en Química Orgánica. Actualmente Presidenta de la Corporación Clement International, especialista en evaluación de riesgos ambientales. Tuvo a su cargo en la EPA (Environmental Protection Agency), EE.UU., el primer grupo de trabajo encargado de evaluar los riesgos cancerígenos. Es autora de publicaciones sobre evaluación de efectos en la salud de tóxicos atmosféricos, normas de calidad de agua y de aire y en la evaluación de riesgos producidos por productos químicos, pesticidas y radiación.

(*) Este trabajo fue realizado en conjunto con David R. Patrick.

Introducción

El 1 Acta de Aire Limpio de 1970 (CAA de 1970) estableció el marco para la realización de los primeros esfuerzos globales del gobierno federal de EE. UU. destinados a controlar la contaminación atmosférica. El CAA de 1970, emergió entre crecientes pruebas de que la polución atmosférica afectaba negativamente el bienestar y la salud públicos, pero su aprobación se logró solamente después de muchos años de debates acerca del papel que correspondía al gobierno federal en el proceso de mitigar la polución. Antes de 1970 había consenso en cuanto a que los Estados por separado debían enfrentar la polución atmosférica sobre la base de las necesidades y anhelos locales. Sin embargo, este consenso fue diluyéndose con la creciente comprensión de que la polución atmosférica trascendía las fronteras políticas y que las poderosas industrias nacionales podían influir sobre los Estados individuales para obtener un trato preferencial. Es importante señalar que aproximadamente en la misma época en que se aprobó el CAA de 1970 se creó la Agencia para la Protección del Ambiente (EPA), con el fin de consolidar el programa de control de la polución en el país bajo la autoridad de una nueva agencia federal independiente.

Las enmiendas de 1990 al Acta del Aire Limpio (CAAA de 1990) se aprobaron el 15 de noviembre de 1990, y representan la primera modificación fundamental del CAA de 1970. En lo substancial, reforzaron el CAA de 1970 agregando numerosos requisitos y programas reguladores adicionales. Las CAAA de 1990 surgieron a raíz de que la eficacia del CAA de 1970 había llegado a su tope en muchas áreas y existía consenso en el sentido de que el país necesitaba una legislación

más amplia y más fuerte para enfrentar los problemas de la contaminación atmosférica en los años 1990 y posteriores.

El presente trabajo describe, en primer lugar, el CAA de 1970 y su implementación. Luego se describen las CAAA de 1990 junto con los principales cambios en la regulación de la polución atmosférica que probablemente resulten de ellas.

El Acta de Aire Limpio de 1970

El CAA de 1970 enfocó la regulación de la polución atmosférica en forma sistemática. En primer lugar, identificó dos tipos principales de contaminantes atmosféricos. En segundo lugar, exigió la regulación de las principales fuentes de ambos tipos de contaminantes. Finalmente, asignó diferentes responsabilidades a los Estados y al gobierno federal para llevar a la práctica las disposiciones del Acta. En las siguientes secciones se examina cada uno de estos temas.

Contaminantes atmosféricos objeto de regulación

En el CAA de 1970 se definen dos tipos principales de contaminantes:

- *Contaminantes Atmosféricos Criterio*: Los contaminantes atmosféricos criterio se definen¹ como contaminantes atmosféricos cuyas emisiones pueden dar origen o contribuir a una «polución atmosférica que razonablemente pueda presumirse peligrosa para la salud o el bienestar públicos...² cuya presencia en el aire ambiental provenga de *numerosas y diversas fuentes estacionarias y móviles...*» [lo destacado es nuestro].

¹ Sección 108 (a) (1).

² Los efectos en el bienestar incluyen, sin limitarse a ello, los «... efectos sobre los suelos, el agua, las cosechas, la vegetación, materiales fabricados por el hombre, los animales, la vida natural, el clima local y global, la visibilidad, daños y deterioro de la propiedad, peligros para el transporte, como también los efectos sobre los valores económicos y sobre la comodidad y el bienestar personal». [Sección 302 (h)].



— *Contaminantes atmosféricos riesgosos.* Los contaminantes atmosféricos riesgosos se definen³ como contaminantes atmosféricos no criterio y que deben regularse porque dan origen o contribuyen a una «...polución atmosférica que razonablemente pueda presumirse causante de un aumento de la mortalidad o de un aumento de enfermedades irreversibles graves o incapacitantes reversibles».

Contaminantes atmosféricos criterio. El término «criterio» no implica estándares o reglas, sino más bien un compendio de información que sirve de apoyo a los estándares. El CAA de 1970 solicitó⁴ a EPA que publicara y revisara cada vez que ello fuera necesario los criterios para cada uno de los contaminantes atmosféricos incluidos en la lista, reflejando «...los más modernos conocimientos científicos útiles para señalar el tipo y extensión de todos los efectos identificables sobre la salud y el bienestar públicos que pueden presumiblemente originarse en la presencia de tales contaminantes en el aire ambiental, en diversas cantidades».

Luego se exigió⁵ a EPA que publicara regulaciones que prescribieran para el aire ambiental normas nacionales primarias y secundarias para cada contaminante atmosférico que hubiera sido objeto del establecimiento de criterios de calidad del aire. Las normas nacionales primarias de calidad del aire se definen⁶ como normas «... cuyo logro y mantención (...), y dejando un margen adecuado de seguridad, son requisitos para proteger la salud pública». Una norma nacional secundaria para la calidad del aire especifica⁷ un nivel de calidad «(...) cuyo logro y mantención... es requisito para proteger el bienestar público de cualesquiera efectos adversos conocidos o previstos, relacionados con la presencia de dichos contaminantes atmosféricos en el ambiente».

Las normas nacionales para la calidad del aire ambiental o, para abreviar, las NAAQS, se refieren en la actualidad a seis contaminantes. El Cuadro 1 presenta una lista de los contaminantes y de las

³ Sección 112 (a) (1).

⁴ Sección 108 (a) (2).

⁵ Sección 109 (a) (1).

⁶ Sección 109 (b) (1).

⁷ Sección 108 (b) (2).

normas actuales. Los contaminantes criterio pueden ser de emisión directa o formarse en la atmósfera a raíz de reacciones secundarias. Para los que se forman en la atmósfera se han establecido regulaciones para controlar sus precursores. El más importante de ellos es el ozono, originado por reacciones fotoquímicas (luz solar), en las que participan compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. En tanto que las reacciones fotoquímicas producen muchos contaminantes, el ozono se considera actualmente como el subproducto fotoquímico más dañino; por esta razón, el control regulador de las NAAQS se concentra en él.

El procedimiento empleado para establecer y revisar las NAAQS es resultado del lenguaje estatutario y de los procedimientos que se han desarrollado en la EPA desde la aprobación del CAA de 1970. Administra principalmente este proceso la EPA a través de su Oficina de Normas y Planificación de la Calidad del Aire (OAQPS).⁸ Desde el punto de vista estatutario, el Acta exige⁹ que la EPA revise exhaustivamente los criterios y las NAAQS en intervalos no superiores a cinco años y que publique las revisiones «...según sea adecuado». El Acta exige también¹⁰ que el Administrador nombre un comité compuesto de siete miembros, entre los cuales debe haber, al menos, un miembro de la Academia Nacional de Ciencias, un físico y un representante de las agencias de control de la polución atmosférica. Este comité, llamado Comité Científico Asesor para el Aire Limpio (CASAC), revisa todos los criterios y asesora al Administrador en lo concerniente a los listados y a las normas apropiadas para los contaminantes atmosféricos criterio.

A continuación se detalla el desarrollo por parte de EPA de la documentación necesaria y de las recomendaciones para implementar estas exigencias, que han evolucionado considerablemente en el tiempo. Los primeros documentos de criterios eran relativamente breves y se basaban ampliamente en los datos científicos publicados disponibles. Desde esa época, sin embargo, EPA y otras instancias han dedicado recursos considerables a la comprobación de los efectos de bajas concentraciones de contaminantes criterio, puesto que se presume la existencia de un umbral de efecto, esto es, la norma del aire ambiental.¹¹ También se ha realizado una

⁸ Rama de Normas Ambientales, ubicada en Durham, NC.

⁹ Sección 109 (d) (1).

¹⁰ Sección 108 (d) (2).

¹¹ Las pruebas clínicas no son adecuadas para contaminantes tales como los carcinógenos, que tienen el potencial de provocar efectos mucho más graves sobre la salud.

serie de estudios epidemiológicos para la evaluación estadística de las poblaciones humanas expuestas a los diversos contaminantes criterio.

CUADRO 1 NORMAS NACIONALES DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTAL

Contaminante	Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Primarias	Secundarias
Monóxido de Carbono (CO)	8 hrs.=10.000 ^a (9ppm) 1 hr.=40.000 ^a (35 ppm)	Ninguna
Ozono (O ₃)	1 hr.=235 ^a (0,12 ppm)	1 hr.=235 ^a
Óxidos de Azufre (medidos como SO ₂)	Anual=80 ^b (0,03 ppm) 24 hrs.=365 ^a (0,14 ppm)	3hrs. =1.300 ^a (0,5 ppm)
Partículas (medidas como PM ₁₀ ^c)	Anual=50 ^b 24 hrs.=150 ^a	Anual=50 ^b 24hrs.=150 ^a
Dióxido de Nitrógeno	Anual=100 ^b (0,053 ppm)	Anual=100 ^b (0,053 ppm)
Plomo (Pb)	Trim.=1,5 ^d	Trim.=1,5 ^d

^a No debe excederse más de una vez al año.

^b Media Aritmética Anual.

^c Partículas de 10 micrones de diámetro o menos.

^d Media Aritmética Máxima en un trimestre calendario.

FUENTE: Código de Regulaciones Federales, Título 40, Parte 50.

Hoy en día, el proceso de EPA para la revisión de una NAAQS implica una revisión científica detallada de la literatura referida a la salud, que se presenta en la forma de un documento de criterio, habitualmente voluminoso, preparado por la Oficina de Investigación y Desarrollo de EPA (ORD).¹² Estos documentos se someten a una pro-

¹² La Oficina de Criterios y Evaluación Ambiental, ubicada en el Research TrianglePark, NC, 27711.

longada revisión científica y pública. Una vez completado el documento criterios, la OAQPS y la ORD preparan en conjunto un Documento de Staff. Este trabajo resume los hallazgos claves del documento de criterios y recomienda una NAAQS apropiada. Una vez aprobado el Documento de Staff por el CASAC, EPA propone las NAAQS y promulga la norma luego de responder a los comentarios del público.

El Cuadro 2 resume brevemente la información clave sobre salud, en la que se apoyan las NAAQS que aparecen en la lista del Cuadro 1.

Contaminantes atmosféricos riesgosos. El CAA de 1970 también exigía¹³ que EPA estableciera una lista y procediera a la regulación de los contaminantes atmosféricos que causan o contribuyen a un aumento en la mortalidad o enfermedades graves, y que fijara normas nacionales de emisión para las fuentes de dichos contaminantes atmosféricos riesgosos, a fin de proporcionar un «...amplio margen de seguridad para proteger la salud humana». Los plazos y procedimientos generales para hacerlo se bosquejaron en el CAA de 1970, pero el Congreso dejó a cargo de EPA la mayor parte de los detalles acerca de cómo llevarlo a cabo. Lo que es más importante, el Acta no mencionaba el tema de si debían considerarse, y en qué forma, los costos y otros efectos tanto de lista como de regulación los contaminantes atmosféricos riesgosos.

Evidentemente el Congreso procuraba definir, en la Sección 112, una clase de contaminantes relacionados con efectos adversos sobre la salud más graves que los causados por los contaminantes criterio. Una preocupación especial eran los efectos sobre la salud tales como el cáncer, que ataca todos los años a un porcentaje significativo de la población de EE. UU., y cuyas causas son tema de mucha investigación y discusión. De hecho, algunos investigadores creen que la creciente tasa de cáncer en este siglo presenta un sospechoso paralelo con el crecimiento de la industrialización y la polución. La aparente esperanza de los arquitectos de esta parte del Acta era que la EPA estableciera una relación entre las emisiones químicas al aire y el cáncer y otras enfermedades graves, y que enseguida regulara las emisiones para que éstas se mantuvieran en niveles mucho más seguros. Lamentablemente, la complejidad de la tarea y la falta de una guía definida acerca de cómo realizarla dieron como resultado sólo una regulación restringida de los contaminantes atmosféricos riesgosos en 20 años.

¹³ Sección 112.

CUADRO 2 RESUMEN DE LOS FUNDAMENTOS MÉDICOS DE LAS NAAQS*

Contaminante	Fundamentos médicos de las NAAQS
Monóxido de Carbono	<ol style="list-style-type: none"> 1 El CO se une a la hemoglobina en la sangre con una afinidad 200 a 300 veces mayor que el oxígeno. 2 La exposición al CO perturba el suministro de oxígeno a los tejidos corporales. 3 Los efectos incluyen dolores de cabeza, mareos, somnolencia, náuseas, vómitos, coma y la muerte.
Ozono	<ol style="list-style-type: none"> 1 Afecta a los individuos con afecciones respiratorias previas o alergias, y a los que desarrollan actividades físicas fuertes. 2 Los efectos incluyen alteraciones pulmonares, agravamiento de las afecciones respiratorias preexistentes y mayor susceptibilidad a las infecciones respiratorias. 3 Parece funcionar como acelerador del envejecimiento.
Óxidos de Azufre	<ol style="list-style-type: none"> 1 Originan una serie de enfermedades respiratorias y mayores tasas de mortalidad en los seres humanos. 2 Provocan daños temporales o permanentes al sistema respiratorio; los efectos aumentan si hay exposición simultánea a materia en partículas.
Partículas	<ol style="list-style-type: none"> 1 Actualmente, el centro de atención son las partículas respirables, es decir, con un diámetro inferior a 10 micrones nominales. 2 Provocan irritaciones y enfermedades respiratorias, disminuyen el funcionamiento pulmonar en los niños y dañan el sistema respiratorio en el largo plazo. 3 Los estudios epidemiológicos indican aumentos en la mortalidad humana en caso de exposición a altas concentraciones.
Dióxido de Nitrógeno	<ol style="list-style-type: none"> 1 Afecta la salud humana, la vegetación, los materiales y la visibilidad. En especial, afecta las defensas contra las infecciones pulmonares. 2 Los niños y los asmáticos parecen reaccionar más fácilmente ante exposiciones a bajos niveles.
Plomo	<ol style="list-style-type: none"> 1 Perturba la hemossíntesis en las células. También causa daños al sistema nervioso y a los riñones, y afecta las funciones normales de los sistemas reproductivo, endocrino, cardiovascular, inmunológico y gastrointestinal. 2 Afecta especialmente a los niños pequeños (1 a 5 años)

* Este Cuadro pretende ser sólo un resumen, y no debe interpretarse como definitivo ni completo.

De hecho, en conformidad con el CAA de 1970, la EPA incluyó en la lista sólo ocho sustancias como contaminantes atmosféricos riesgosos, y promulgó regulaciones sólo para siete de ellas. El Cuadro 3 identifica los contaminantes atmosféricos riesgosos que aparecen en la lista de la EPA y describe los principales efectos adversos sobre la salud humana que pueden originarse en la exposición a ellos.

El procedimiento de la EPA para identificar, incluir en el listado y luego regular los contaminantes atmosféricos riesgosos también ha evolucionado con el tiempo. Como se señalaba anteriormente, el proceso descrito en el Acta no era específico. El Congreso exigía solamente que la EPA incluyera en el listado las sustancias que cupieran en la definición de riesgosas, y que luego publicara normas que ofrecieran «... un amplio margen de seguridad para proteger la salud pública». El Acta no definía «amplio margen», aunque obviamente tendía a una mayor severidad que el «margen adecuado de seguridad» exigido para las normas nacionales primarias de calidad del aire.

Según lo reconoció la propia EPA, su implementación concreta de las exigencias de la sección 112 fue un fracaso. La EPA incluyó en su listado el asbesto, el berilio y el mercurio¹⁴ en 1971, poco después de la aprobación del CAA de 1970; estas sustancias habían sido mencionadas específicamente por el Congreso como contaminantes dignos de preocupación. Más tarde, en 1975, enfrentada a un litigio, la EPA incluyó en el listado el cloruro de vinilo¹⁵, que es un conocido carcinógeno humano, y promulgó regulaciones sobre esta sustancia, basadas parcialmente en la factibilidad técnica del control. En medio de los crecientes temores al cáncer de origen ambiental, los grupos ecologistas se querellaron contra la EPA, aduciendo que las emisiones de sustancias conocidas como cancerígenas debían reducirse a lo más cerca posible de cero. El litigio duró 14 años.

En 1970, nuevamente enfrentada a un litigio, la EPA incluyó el benceno¹⁶ en su lista de contaminantes atmosféricos peligrosos. También en 1977 el Congreso aprobó enmiendas menores al CAA de

¹⁴ 36 *Registro Federal* 5931, 31 de marzo de 1971. El *Registro Federal* es la publicación diaria de todas las regulaciones del gobierno federal. El primer número es el del volumen; el volumen 36 fue publicado en 1971. El último número corresponde a la página; las páginas se numeran consecutivamente desde el comienzo del año.

¹⁵ 40 *Registro Federal* 59532, 24 de diciembre de 1975.

¹⁶ 42 *Registro Federal* 29322, 8 de junio de 1977.

CUADRO 3 RESUMEN DE LOS FUNDAMENTOS MÉDICOS PARA LA LISTA DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS RIESGOSOS*

Contaminante	Fundamentos médicos de las listas
Asbesto	<ol style="list-style-type: none"> 1 Provoca asbestosis, enfermedad pulmonar crónica específica. El hábito de fumar la agrava. 2 Causa cáncer pulmonar y pleural, y un tipo poco común de cáncer a la cavidad torácica o abdominal.
Berilio	<ol style="list-style-type: none"> 1 Causa beriliosis, enfermedad específica caracterizada por tos, dolores de pecho, pérdida de peso, baja presión sanguínea y abultamiento de los órganos. 2 Provoca cáncer en los animales.
Mercurio	<ol style="list-style-type: none"> 1 Origina enfermedades del sistema nervioso central y daño cerebral (esto es, la enfermedad «de los sombrereros locos»). 2 El mercurio orgánico causa pérdida de sensibilidad en las extremidades, pérdida de coordinación, habla confusa, pérdida de la visión y la audición.
Cloruro de vinilo	<ol style="list-style-type: none"> 1 Causa una rara forma de cáncer, el angiosarcoma, en los trabajadores expuestos. 2 Las pruebas con animales han mostrado una variedad de diferentes tipos de cáncer asociados con la exposición al cloruro de vinilo.
Benceno	<ol style="list-style-type: none"> 1 Causa una mayor incidencia de la leucemia y otros males sanguíneos en los seres humanos. 2 La toxicidad se produce principalmente a través de alteraciones en los niveles de elementos formados en la sangre circulante.
Nucleidos radiactivos	<ol style="list-style-type: none"> 1 La carcinogénesis y la mutagénesis radiactivas están relacionadas con la radiación ionizante. Una mayor exposición aumenta el riesgo de la mayoría de las formas de cáncer. 2 Particularmente preocupante es la mutación en las células sexuales de los ovarios y los testículos.
Arsénico Inorgánico	<ol style="list-style-type: none"> 1 Causa cáncer a la piel y al pulmón en los seres humanos. 2 Demostrada en los trabajadores expuestos y en los residentes de áreas próximas a grandes fuentes.
Emanaciones de Hornos de Coque	<ol style="list-style-type: none"> 1 Se ha observado en los trabajadores un riesgo mayor de mortalidad por cáncer al pulmón, a la próstata y a los riñones. 2 La prolongación del empleo y la intensidad de la exposición están asociadas al riesgo.

* Este Cuadro pretende ser sólo un resumen, y no debe interpretarse como definitivo ni completo.

1970. Entre estas enmiendas había una disposición¹⁷ para que la EPA investigara y agregara a la lista, si correspondía, los nucleidos radiactivos, el cadmio, el arsénico y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (POM). Después de un estudio, la EPA efectivamente incluyó los nucleidos radiactivos¹⁸ y el arsénico inorgánico;¹⁹ sin embargo, declinó incluir la POM,²⁰ agregando en lugar de ello las emisiones de los hornos de coque,²¹ que son un tipo de POM. La EPA publicó también²² su intención de incluir en la lista el cadmio, pero oficialmente éste jamás apareció en el listado.

La incapacidad de la EPA de incluir en la lista más sustancias como contaminantes atmosféricos riesgosos se debía en gran medida a la dificultad de demostrar una relación clara entre la exposición a la mayoría de los contaminantes a bajo nivel y los efectos negativos sobre la salud. A fin de cuentas, esta incapacidad condujo al Congreso a aprobar en las CAAA de 1990 un nuevo procedimiento, más detallado, para el caso de los contaminantes atmosféricos peligrosos.

Programa de Control de los Contaminantes Atmosféricos Criterio

El CAA de 1970 describía en detalle el programa de control de los contaminantes atmosféricos criterio. En primer lugar, las fuentes de contaminantes atmosféricos criterio son estacionarias y móviles. Los gobiernos de los Estados, por otra parte, debían regular las fuentes existentes y las nuevas mediante Planes Estatales de Implementación (SIPs), diseñados específicamente para cada Región de Control de la Calidad del Aire (AQCRs).²³ La base del proceso SIP son las mediciones

¹⁷ Sección 122.

¹⁸ 44 *Registro Federal*/76738,27 de diciembre de 1979.

¹⁹ 45 *Registro Federal*/37886,5 de junio de 1980.

²⁰ 49 *Registro Federal*/31680,8 de agosto de 1984.

²¹ 49 *Registro Federal*/36560,18 de septiembre de 1984.

²² 50 *Registro Federal*/42000,16 de octubre de 1985.

²³ Las AQCs reflejan el hecho de que la contaminación atmosférica no obedece a los límites geográficos o gubernamentales, y que la calidad del aire en cada región específica es función de las fuentes, la geografía, el clima y la población de la región. Se han designado más de 250 AQCRs diferentes.

de la calidad del aire realizadas por los Estados y por la EPA en cada AQCRs para determinar si está cumpliendo cada una de las NAAQS. Las áreas en las que no se estén alcanzando las NAAQS, o áreas de incumplimiento, como se las llama, son objeto de SIPs dedicados a las fuentes de la región que contribuyen a este incumplimiento. EPA ha desarrollado y elaborado modelos computacionales que simulan la calidad del aire en las AQCRs y proporcionan información útil para identificar importantes fuentes de contaminantes y para establecer estrategias adecuadas de control de la emisión. Los tres componentes del programa de control de los contaminantes atmosféricos criterio se describen con mayor detalle a continuación.

*Planes Estatales de Implementación.*²⁴ Según la definición del Congreso, los SIPs son la base fundamental para alcanzar y mantener las NAAQS en los EE. UU. Es importante reconocer la distinción entre alcanzar y mantener las NAAQS. El Acta ordenaba alcanzar las NAAQS a fin de asegurar la protección de la salud pública. Sin embargo, reconocía también que los crecimientos económico y demográfico podían significar, con el tiempo, mayores emisiones de contaminantes atmosféricos; así, pues, sería necesaria la mantención de las NAAQS en el largo plazo para contrarrestar este efecto del crecimiento. Ello significa que los Estados y la EPA deben medir continuamente los niveles ambientales de contaminantes atmosféricos criterio y revisar los SIPs para mantener niveles seguros de los contaminantes en el ambiente. Naturalmente, esto, a su vez, significa que hay controles cada vez más estrictos sobre las antiguas fuentes, y mayores restricciones para el establecimiento y control de fuentes nuevas. De hecho, el Congreso aprobó, en las Enmiendas al Acta de Aire Limpio de 1977, requisitos especiales para las áreas de incumplimiento, incluyendo un programa²⁵ según el cual las fuentes nuevas o significativamente modificadas en las áreas de incumplimiento debían contar con un permiso especial. El objetivo de este programa era impulsar el cumplimiento de las NAAQS en estas áreas, dejando al mismo tiempo el espacio abierto para el crecimiento económico.²⁶

²⁴ Sección 110.

²⁵ Secciones 171 -178.

²⁶ Stensvaag, J. *Clean Air Act, 1990 Amendments, Law and Practice*. John Wiley and Sons, Inc. Nueva York, 1991.

Los SIPs resultantes debían también exigir la aplicación de una tecnología de control razonablemente disponible (RACT) a las fuentes existentes y un programa razonable tendente al cumplimiento de las NAAQS en los plazos especificados en el Acta. Comprendiendo que la aplicación de la RACT a las fuentes existentes podía eventualmente dar como resultado una calidad del aire substancialmente mejor que la señalada en las NAAQS y producir así una verdadera «ganga» para la instalación de nuevas fuentes, las CAAA de 1977 especificaron requisitos adicionales, llamados *offset* (compensaciones), para las nuevas fuentes, a fin de evitar la creación de tales condiciones de «ganga». El programa *offset* es sumamente complejo, y su descripción no se inscribe en los límites del presente trabajo.

Las CAAA de 1977 también introdujeron un nuevo programa²⁷ destinado a la prevención de un deterioro importante (conocido como PSD) de la calidad del aire en las áreas de cumplimiento. El propósito de este programa es prever el crecimiento industrial en tal forma que pueda prevenirse una situación de incumplimiento en el futuro. Conforme al programa de la PSD, las áreas de cumplimiento se designan en tres clases, dependiendo en gran medida de la proximidad y el tamaño de los parques nacionales, las áreas naturales protegidas y los parques internacionales. También este programa es sumamente complejo y su alcance escapa a los límites de este trabajo.

Normas de Emisión de las Nuevas Fuentes. El segundo componente importante del programa de control de los contaminantes atmosféricos criterio es la regulación de las nuevas fuentes estacionarias por parte de EPA. La idea básica era iniciar un programa mediante el cual las fuentes, desde el momento de su construcción, fueran dotadas de tecnología de control de alto nivel. Existía la esperanza de que ello redundaría en una disminución gradual de la contaminación atmosférica en todo el país, a medida que más y más fuentes entraran en línea. La EPA ha publicado sistemáticamente y ha implementado el programa de normas de funcionamiento de las nuevas fuentes (NSPS) desde que se aprobó el CAA de 1970; lamentablemente, los crecimientos industrial y automotriz han ido más rápido de lo previsto inicialmente, y las nuevas emisiones han sobrepasado los logros obtenidos gracias al programa de normas para las nuevas fuentes. Por otra parte, sin el programa de

²⁷ Secciones 160-169.

normas para las nuevas fuentes, los niveles de contaminación atmosférica en EE. UU. probablemente serían mucho peores.

En conformidad con el CAA de 1970, la EPA establece normas de emisión²⁸ para las nuevas fuentes de contaminantes atmosféricos criterio y exige que las nuevas usinas empleen el mejor sistema de reducción de las emisiones que la EPA haya determinado como debidamente probado. Este nivel de control suele denominarse la mejor tecnología de control disponible (BACT). La EPA ha producido normas de emisión para nuevas fuentes cubriendo la mayoría de las principales categorías de fuentes industriales que emiten cantidades importantes de contaminantes atmosféricos criterio. Hasta la fecha, la EPA ha promulgado más de sesenta NSPS. Estas normas aparecen en el Código de Regulaciones Federales, Título 40, Parte 60.

Programa de Control de Emisiones de Fuentes Móviles. El tercer y último componente del programa de control de los contaminantes atmosféricos criterio es el control de las fuentes móviles. Desde mediados de los años 40, cuando comenzó a formarse una nube pardusca, irritante, en áreas como California, donde hay un gran parque automotriz y mucha luz solar, los científicos y los encargados de la regulación han ido reconociendo la creciente influencia de los vehículos motorizados sobre la mala calidad del aire. Los motores de combustión interna que usan combustibles líquidos de petróleo producen importantes emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas. Además, los combustibles se evaporan al ser trasvasados y almacenados, con lo que se producen hidrocarburos adicionales que entran al proceso fotoquímico de formación de ozono. Era evidente entonces la urgente necesidad de reducir en forma significativa los contaminantes relacionados con los vehículos motorizados para mejorar la calidad del aire ambiental.

Como los vehículos motorizados se fabrican y distribuyen en todo el país, el Congreso reconoció muy pronto que el control federal era más adecuado que el control local. En 1960 el Congreso ordenó investigar los efectos de los gases de escape de los vehículos motorizados sobre los seres humanos, pero sólo en 1965 se legisló por primera vez sobre las normas para vehículos motorizados, si bien éstas dejaban bastante campo al arbitrio de la industria. Es pertinente señalar que el

²⁸ Sección 111. *New source performance standards.* o NSPS.

CAA de 1970 estableció²⁹ importantes nuevas exigencias a las emisiones y a los combustibles. Estas exigencias obligaron a efectuar drásticas reducciones en las emisiones de contaminantes por los vehículos motorizados y cambios importantes en los combustibles empleados en EE.UU.

Inicialmente el foco de atención fueron los vehículos livianos de pasajeros, debido a su gran número, siempre en expansión. Más tarde debían agregarse otros controles para los vehículos pesados (como camiones y buses), motocicletas y aviones. El objetivo principal del CAA de 1970 era reducir las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono en un 90% hacia 1975 y las emisiones de óxidos de nitrógeno en un 90% hacia 1976. Estos plazos se prorrogaron más tarde, y durante muchos años fueron objeto de modificaciones y postergaciones. El Cuadro 4 muestra los diversos estándares que se aplicaron en la realidad en los diferentes años.

Aunque el CAA de 1970 disponía³⁰ que cada Estado podía establecer e implementar sus propias normas, más estrictas, el Congreso reconocía la dificultad que implicaba para los fabricantes atenerse a las diversas normas de los Estados. Por consiguiente, se prohibió a los Estados establecer normas automotrices más estrictas, a menos que éstas fueran anteriores al Acta. Sólo California se encontraba en ese caso. El Acta dispuso efectivamente que los demás Estados podían adoptar las normas de California; sin embargo, ninguno lo hizo.

Cosa importante, el Congreso reconoció que la disminución de las emisiones exigida para los vehículos motorizados requeriría la introducción de instrumentos de control de los gases de escape. Como el candidato con más probabilidades era el convertidor catalítico, que se envenenaba con los aditivos de plomo usados en virtualmente todas las gasolinas estadounidenses de entonces, el Acta dispuso que debía proveerse de gasolina sin plomo a todo el territorio de EE. UU., y estableció que poner gasolina con plomo a un vehículo diseñado para funcionar con gasolina sin plomo era un delito federal.

²⁹ Secciones 202 - 216.

³⁰ Sección 116.

CUADRO 4 NORMAS DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS MOTORIZADOS*
(Gramos por milla)

Año del Modelo	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Óxidos de Nitrógeno
1970 - 1971	4,00	34,0	3,4
1972	3,00	30,0	3,4
1973-1974	3,00	30,0	3,1
1975	1,40	15,0	3,1
1976-1979	1,40	15,0	2,0
1980	0,41	7,0	2,0
1981	0,41	3,4	2,0
1982	0,41	3,4	1,0

* Sólo vehículos de carga liviana (esto es, pasajeros).

FUENTE: Stensvaag, J. *Clean Air Act, 1990 Amendments, Law and Practice*. John Wiley and Sons, Inc. Nueva York, 1991.

Programa de Control de los Contaminantes Atmosféricos Riesgosos

El programa de control de los contaminantes atmosféricos riesgosos definido³¹ en el CAA de 1970 exigía que la EPA publicara normas de emisión nacionales³² para las fuentes emisoras de los contaminantes riesgosos que figuraban en la lista. Estas normas debían aplicarse tanto a las fuentes nuevas como a las ya existentes y debían proporcionar «...un amplio margen de seguridad para proteger la salud pública». Después de la fecha de entrada en vigencia de una norma, las fuentes nuevas y las ya existentes debían modificarse para conformarse a las NESHAPS. Se daba a las fuentes 90 días de plazo para cumplir, aunque EPA podía otorgar una excepción adicional de hasta dos años. Si bien fueron promulgadas por la EPA, las NESHAPS fueron controladas por los Estados. El Cuadro 5 presenta una lista de categorías seleccionadas de fuentes para las que EPA promulgó NESHAPS, con una breve descripción de cada norma.

³¹ Sección 112.

³² A la que se hace referencia como Normas Nacionales de Emisión para Contaminantes Atmosféricos Riesgosos, o NESHAPS.

CUADRO 5 NESHAPS PARA CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS
RESGOSOS³

Contaminante	Fuentes típicas consideradas normas	
Asbesto	— Elaboración — Demolición — Fabricación — Disposición	Emisiones no visibles, limitaciones en uso notificaciones
Berilio	— Extracción de berilio — Fábricas de cerámica — Fundiciones — Propulsores de cohetes	10 gr. diarios, o 0,01 ug/m ³ (con datos ambientales de 3 años)
Mercurio	— Fábricas de cloro-álcali — Fundiciones de mercurio — Incineradores de fangos de alcantarilla	2.300 gr. diarios 2.300 gr. diarios 3.200 gr. diarios
Cloruro de Vinilo	— Fabricación de cloruro de vinilo — Uso de cloruro de vinilo — Fabricación de dicloruro de etileno	10 ppm (promedio 3 horas) 10 ppm (pr. 3 hrs.) 10 ppm (pr. 3 hrs.)
Benceno	— Fugas. Filtraciones en equipos — Usinas de subproductos de coque — Recipientes de almacenamiento — Operaciones de transferencia — Desechos	Inspección/mantenimiento/ cuidado/ Detección/repación. Techo fijo interior flotante Equipo/reducción 98%/ Inspección/mant./cuidados
Nucleidos radiactivos	— Instalaciones DOE (excepto radón) — Otras instalaciones autorizadas — Fósforo elemental — DOE (radón) — Fosfoyeso — Tranques de relave, plantas de uranio — Minas de uranio (radón)	10 mrem/año dosis efectiva ¹³ 10 mrem/ año dosis efectiva 2 Ci/año Po ^{210c} 20pCi/m ² -s ^d 20pCi/m ² -s 20 pCi/m ² -s 10 mrem/año d. ef.
Arsénico Inorgánico	— Fundiciones de cobre — Producción de arsénico — Fabricación de vidrio	11,6 mg/m ³ partículas Insp./Mant./encapsulamiento 85% control
Emanaciones de Hornos Coque	— Hornos de coque	No promulgadas

^a Este Cuadro sólo pretende ser un resumen, y no debe interpretarse como definitivo o completo.

^b Milirremes por año, dosis efectiva.

^c Isótopo 210 de Polonio.

^d pico Curies por metro cuadrado/segundo.

El CAA de 1970 proporcionó poca asesoría para la implementación de este programa. Ello dio motivo a grandes controversias e influyó en la incapacidad de la Agencia para incluir en la lista y regular más contaminantes atmosféricos riesgosos. Un problema central era saber si el costo y otros factores habían de tomarse en cuenta, y en qué medida, para incluir en la lista los contaminantes atmosféricos riesgosos y establecer las NESHAPs. Muchos pensaban que contaminantes relacionados con aumentos de mortalidad y con enfermedades graves debían regularse solamente estableciendo un nivel ambiental seguro y regulaciones para que éste se cumpliera. Sin embargo, en la realidad esto podía significar una emisión cero para contaminantes tales como los carcinógenos, la mayoría de los cuales, según se supone, no está en relación con ningún umbral de impacto sobre la salud. Otros observadores pensaban que los costos y otros factores, incluyendo la incertidumbre al determinar los niveles seguros, debían tomarse en consideración. De otro modo, se temía que muchas fuentes industriales serían incapaces de cumplir con las normas de emisión cero y podrían tener que cerrar, lo que acarrearía efectos negativos importantes sobre la economía. Por lo general la EPA ha apoyado esta última posición.

Como se indicó anteriormente, esto condujo a un litigio cuando la EPA publicó por primera vez las normas respecto del cloruro de vinilo en 1975. Se querelló contra la EPA un grupo ecologista que alegaba que las regulaciones se basaban parcialmente en la factibilidad técnica del control, lo que no estaba permitido según la Sección 112. Se llegó finalmente a un avenimiento cuando la EPA convino en proponer al año siguiente normas revisadas, más estrictas, teniendo como objetivo a futuro una emisión cero de cloruro de vinilo. Sin embargo, hasta 1985 no se emprendieron nuevas acciones en relación con las normas para el cloruro de vinilo.

En 1985 la EPA retiró la proposición relativa al cloruro de vinilo, aduciendo costos no razonables, falta de tecnología que permitiera reducir significativa y sostenidamente las emisiones industriales por debajo de los límites originales de emisión y el bajo riesgo causado por las emanaciones adicionales de cloruro de vinilo. Una vez más hubo una querrela contra la EPA, y en 1987 la Corte de Apelaciones de EE. UU. dictaminó³³ que el enfoque de la EPA

³³ Natural Resources Defense Council, Inc. v. EPA, 824 F 2° 1146 [1987].

en la regulación del cloruro de vinilo no se ajustaba a las disposiciones de la Sección 112 porque no establecía que un determinado nivel de emisión era «seguro» ni que el nivel elegido proporcionaría un «amplio margen de seguridad». Para remediarlo, la Corte estableció un procedimiento de dos etapas que la EPA debía seguir para determinar estos niveles.

En la primera etapa, la EPA debía establecer un nivel de riesgo «seguro» o «aceptable» sin tomar en consideración bajo ninguna circunstancia los costos ni la factibilidad tecnológica. El tribunal enfatizaba que ello no implicaría la identificación de un nivel «libre de riesgos» ni la total ausencia de incertidumbre. En lugar de ello, la decisión debía basarse en opiniones de expertos y en una definición de seguro como «aceptable en el mundo en que vivimos». En la segunda etapa, la EPA debía establecer normas a un nivel (que podía ser igual o inferior, pero no superior al nivel seguro o aceptable) de protección para el público con un «amplio margen de seguridad».

En respuesta a la resolución del tribunal, y luego de recibir las opiniones del público, la EPA adoptó³⁴ un enfoque para proteger la salud pública con un amplio margen de seguridad conforme a la Sección 112, que debía «...proporcionar la máxima protección factible contra riesgos para la salud debidos a contaminantes atmosféricos riesgosos a través de: 1) proteger al mayor número posible de personas a un nivel de riesgo durante la duración de la vida individual no superior a aproximadamente 1×10^6 [uno en un millón]³⁵, y 2) limitar a no más de aproximadamente 1×10^4 el riesgo estimado que tendría una persona que viviera cerca de una usina si se viera expuesta a las máximas concentraciones del contaminante durante 70 años». Este último riesgo se conoce como el Máximo Riesgo Individual (MIR).

Se promulgaron regulaciones para varias categorías de fuentes de benceno, usando estas orientaciones. Sin embargo, la aprobación de las CAAA de 1990 de hecho invalidó la acción relativa a contaminantes atmosféricos riesgosos conforme al CAA de 1970.

³⁴ 54 *Registro Federal* 14 de septiembre de 1989.

³⁵ 1×10^6 es la anotación matemática de uno dividido por un millón.

Las enmiendas al Acta de Aire Limpio de 1990

Las CAAA de 1990 modificaron substancialmente y agregaron elementos al programa nacional de control de la contaminación atmosférica en varios aspectos importantes. Estas enmiendas fueron el fruto de muchos años de debate constitucional y se basaron en varias opiniones y consideraciones claves respecto de los contaminantes atmosféricos:

1. El CAA de 1970 dio como resultado importantes mejoras en la calidad del aire en todo el país, pero la calidad del aire empeoró en los años 80. En particular, más de 100 AQCRs en las que vivía más de la mitad de la población del país no estaban cumpliendo las NAAQS. Las NAAQS sobre el ozono y el monóxido de carbono eran las que se infringían con mayor frecuencia, bajo la influencia del enorme crecimiento del parque automotriz del país.
2. La EPA, según su propia confesión, fracasó en el manejo adecuado de los contaminantes atmosféricos riesgosos. Se regularon sólo siete contaminantes en casi veinte años.
3. Se temían catástrofes químicas como la de Bhopal, India, y no había un mecanismo de regulación capaz de prevenir accidentes químicos o de reaccionar ante ellos.
4. La lluvia ácida era una preocupación creciente en todo el país, y no había un programa regulador destinado a reducirla.
5. El ozono de la estratosfera estaba siendo destruido por las emanaciones químicas industriales y comerciales, y no había un programa regulador para disminuir las emisiones.

Incumplimiento de las NAAQS

Las CAAA de 1990 reforzaron significativamente los programas existentes sobre el incumplimiento respecto del ozono. La esencia de estos programas continúan siendo los SIPs que exigen controles sobre las fuentes de contaminantes en las áreas donde las normas no se están cumpliendo. Sin embargo, las CAAA de 1990 contienen una serie de disposiciones nuevas.

Por ejemplo, en lugar de una categoría única de incurri-

plimiento (esto es, sí o no), el Acta de 1990 define cinco categorías de incumplimiento en orden ascendente (marginal, moderado, serio, grave y extremo), y el grado de las medidas de control requeridas depende de la categoría de incumplimiento de la zona en que se encuentran las instalaciones. Por ejemplo, a medida que empeora el incumplimiento, se requiere un control más estricto sobre las fuentes y cada vez el control debe cubrir fuentes más pequeñas. Los límites de las zonas de incumplimiento también pueden ampliarse mucho más allá del área original, para incluir otras desde donde llega el aire contaminado. Esto significa que las áreas en las que se producen los precursores del ozono, aun cuando estén cumpliendo las normas, pueden tener que aumentar igualmente los controles para ayudar a disminuir los niveles de ozono en otras zonas. En la CAA de 1970 el control se concentraba también en las «grandes fuentes», definidas como las que emiten más de 100 toneladas anuales de cualquier contaminante criterio o precursor. Las CAAA redefinen las «grandes fuentes» como aquellos que emiten cantidades cada vez menores de contaminantes, dependiendo de la clasificación de incumplimiento del área. En la categoría extrema, las grandes fuentes se definen ahora como las que emiten 10 toneladas anuales de un contaminante atmosférico criterio. En las zonas de incumplimiento más grave de las normas sobre el ozono, las CAAA de 1990 también exigen ahora un control de las emisiones de NO_x . No era así en el pasado, por lo que podría haber un impacto significativo sobre muchas fuentes, especialmente sobre las de combustión. Finalmente, una instalación podía cumplir con todo lo que se le exigía en el SIPs, pero si la AQCR en donde se encontraba la instalación no alcanzaba el nivel de cumplimiento en el plazo establecido por las CAAA de 1990, toda la región podía reclasificarse en la siguiente categoría de mayor exigencia, reanudándose todo el proceso de regulación.

Fuentes móviles

Las CAAA de 1990 también tuvieron un impacto substancial sobre el parque automotriz del país y sobre los combustibles que se usan. En primer lugar, las normas de emisión para los vehículos motorizados se hicieron más severas a través de un

programa escalonado durante la década de los años 90, con la posibilidad de hacerse aún más severo en la próxima década. Los camiones y buses también deben atenerse a normas más rígidas. El Acta exige también períodos de garantía más prolongados para los equipos de control de la emisión de gases de los vehículos motorizados, hasta 80.000 millas y 8 años para determinados equipos de control de emisión de gases en los automóviles. Además, las industrias de combustibles deben producir y vender combustibles reformulados que cumplan condiciones físicas y químicas específicas, entre ellas una disminución de la volatilidad, del aroma y de la toxicidad en el aire, la eliminación del plomo y la adición de detergentes de gasolina. Por último, se solicita a los fabricantes de automóviles que comiencen a producir vehículos capaces de usar combustibles alternativos (por ejemplo, alcohol y propano) para venderlos a los operadores de flotas automotrices en las áreas de incumplimiento serio, grave y extremo de las normas del ozono. En este programa, las flotas de 10 o más vehículos, que pueden recibir combustible en un mismo local central (se exceptúan los vehículos de alquiler, de emergencia y policiales), deben cambiar a los combustibles alternativos hacia fines del presente decenio. Este programa, por cierto, necesita que haya producción de tales vehículos y que las empresas correspondientes los compren.

Contaminantes atmosféricos riesgosos

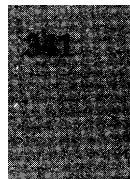
Anualmente se emiten al aire en todo el país unos 2.500 millones de libras de compuestos químicos tóxicos en el curso normal de los procesos industriales.³⁶ En el aire de las ciudades se miden también en forma habitual muchas sustancias tóxicas. Dado, además, que la EPA no implemento adecuadamente los requerimientos relativos a contaminantes atmosféricos riesgosos conforme al CAA de 1970, el Congreso aprobó un programa totalmente nuevo para hacer frente a estos contaminantes. En primer lugar, las CAAA de 1990 enumeran 189 contaminantes atmosféricos riesgosos específicos, que deben ser regulados para comenzar, y establecen el procedimiento de revisión de la lista. El

³⁶ Agencia de Protección Ambiental de EEUU. *Substancias Tóxicas en la Comunidad. Perspectivas Nacionales y Locales*. EPA 560/4-90-017. Septiembre de 1990.

Cuadro 6 ofrece una lista seleccionada de algunos de estos contaminantes atmosféricos peligrosos. Las CAAA de 1990 especifican la regulación de las emisiones de estos contaminantes tanto en las grandes fuentes como en las fuentes de área.

CUADRO 6 SELECCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS RIESGOSOS QUE FIGURAN EN LA LISTA DE LAS CAAA DE 1990

Acetaldehído	Formaldehído
Acroleína	Éteres de glicol
Acido acrílico	Heptacloro
Acilonitrilo	Hexaclorobenceno
Cloruro de alilo	Hexano
Anilina	Acido clorhídrico
Compuestos de antimonio	Acido fluorhídrico
Compuestos de arsénico	Sulfuro de hidrógeno
Asbesto	Compuestos de plomo
Benceno	Lindano
Bencidina	Compuestos de manganeso
Compuestos de berilio	Compuestos de mercurio
Bis(2-etilhexil)ftalato	Metanol
Bromoformo	Cloruro de metilo
1,3-butadieno	Cloroformo de metilo
Compuestos de cadmio	Metiletilcetona
Caprolactam	Isocianato de metilo
Captan	Cloruro de metileno
Carbaril	Fibras minerales (finas)
Disulfuro de carbono	Naftalina
Tetracloruro de carbono	Compuestos de níquel
Clordano	Nitrobenzeno
Cloro	Paratión
Cloroformo	Fenol
Cloropreno	Fosgeno
Compuestos de cromo	Fósforo
Compuestos de cobalto	Anhidrido itálico
Emisiones de hornos de coque	Bifenilos policlorados
Cresoles	Materia orgánica policíclica
Cumeno	Oxido de propileno
Compuestos de cianuro	Quinona
DDE	Nucleidos radiactivos
Dibenzofuranos	Estireno
1,4-diclorobenceno	Compuestos de selenio
Diclorovos	2,3,7,8-TCDD
Dietilsulfato	Tetracloroetileno
Dimetilformamida	Tetracloruro de titanio
Dimetilsulfato	Tolueno
Epiclorohidrina	2,4-tolueno diisocianato
Etilacrilato	Toxafeno
Etilbenceno	Tricloroetileno
Dicloruro de etileno	Acetato de vinilo
Glicol de etileno	Cloruro de vinilo
Oxido de etileno	Xilenos



Grandes fuentes. Una gran fuente es aquella que emite más de 10 toneladas anuales (lo que puede ser apenas 2,5 libras diarias) de cualquier contaminante que figure en la lista, o 25 toneladas anuales de cualquier combinación de los contaminantes de la lista. Las fuentes de área son cualesquiera otras fuentes de los contaminantes que figuran en la lista. En junio de 1991 la EPA publicó una lista preliminar de categorías de fuentes grandes y de área que se pensaba someter a regulación.³⁷ La lista incluye más de 700 categorías de fuentes industriales y comerciales. La EPA espera publicar en 1992 una lista definitiva de las categorías de grandes fuentes y fuentes de área que se regularán. El Cuadro 7 presenta una lista escogida de categorías de fuentes de contaminantes atmosféricos peligrosos designados para posible regulación por parte de la EPA.

Las fuentes que emiten en forma rutinaria los contaminantes de la lista deben regularse en dos fases. En la primera, EPA debe publicar las normas de emisión que reflejan la «tecnología de máximo control accesible» (abreviado habitualmente MACT), tanto para las fuentes nuevas como para las ya existentes. Las nuevas fuentes deben cumplir con las normas inmediatamente a partir de la fecha de su entrada en vigencia; a las fuentes ya existentes puede otorgárseles un plazo de hasta un año para que cumplan. Las regulaciones se promulgan en cuatro etapas: 40 de las categorías de fuentes debieron regularse al 15 de noviembre de 1992; un total de un 25% de las categorías de fuentes que aparecen en la lista deben estar reguladas al 15 de noviembre de 1994; otro 25% debe estar regulado al 15 de noviembre de 1997; y el resto debe serlo al 15 de noviembre del año 2000.

En la segunda fase del programa de control de emisiones rutinarias los riesgos para la salud humana que aún subsistan después de la aplicación de la MACT deben cuantificarse, y se requerirán controles adicionales, si es necesario, para proteger al público con un «amplio margen de seguridad». La estructura y el alcance de este programa son inciertos en este momento porque los procedimientos por usar deben desarrollarse una vez que la Academia Nacional de Ciencias, el Cirujano General (Surgeon General) y la EPA hayan efectuado sus estudios. Al 15 de noviembre de 1996, la EPA deberá informar al Congreso sobre los métodos de cálculo de los riesgos para la salud pública y la impor-

³⁷ *Registro Federal*, Vol. 56, página 28548,21 de junio de 1991.

CUADRO 7 SELECCIÓN DE CATEGORÍAS DE FUENTES PARA SER REGULA
POR LA EPA*

Combustión	Alimentos y Agricultura
Calderas/turbinas	Preparación de alimentos
Calefacción residencial	Lijado de algodón
Polímeros y Resinas	Compuestos Orgánicos
Producción y Uso	Producción y uso
Fabricación de espuma	Uso de materias primas
Fabricación y uso de emulsiones	Compuestos Inorgánicos
Industrias Metalúrgicas	Producción y uso
Noferrosas	Detergentes
Ferrosas	Fertilizantes
Secundarias	Tratamiento y Eliminación de Desechos
Productos Minerales	Tratamiento de aguas servidas
Procesamiento	Incineración de fangos de alcantarilla
Uso	
Fuentes de Petróleo	Misceláneos
Refinerías	Pulpa y papel
Distribución/venta	Limpieza en seco
Revestimiento de Superficies	Producción de neumáticos
Metal	Diluyentes de pintura
Madera	Desengrase
Papel	Teñido
Tela	Fabricación de techumbres de asfalto
Plástico	Astilleros
Compuestos Agrícolas	Cromado electrolítico
Producción y uso	Esterilización comercial
Pesticidas	Columnas de enfriamiento
Fármacos	Fábricas electrónicas
Producción	Explosivos
	Curtido de cuero
	Uso de pinturas/revestimientos/adhesivos
	Procesamiento de películas fotográficas

* FUENTE: 56 *Registro Federal* 28548,21 de junio de 1991.

tanda de tales riesgos, incluyendo recomendaciones sobre la legislación requerida. Si el Congreso no legisla, las CAAA de 1990 especifican que la EPA promulgará regulaciones que garanticen un «amplio margen de seguridad para proteger la salud pública». El Acta establece que, en ausencia de otra definición, esto implica un riesgo de cáncer de uno en un millón³⁸ para los individuos más expuestos. La EPA debe comenzar a promulgar estas regulaciones basadas en las consideraciones de salud no más allá de 8 años después de que se haya publicado una norma MACT para cualquier categoría de fuente.

Fuentes de área. Las CAAA de 1990 disponen que se prestará especial atención a la reducción de los riesgos en las áreas urbanas, relacionadas con emisiones de fuentes de área. Estas últimas se definen en el Acta como cualquier fuente que no sea una gran fuente; sin embargo, hablando en forma práctica, son fuentes tales como estaciones de servicio, lavasecos, tiendas de pintura y limpiadores con solventes, que son pequeñas pero numerosas y especialmente prevalentes en las áreas urbanas. El Acta especifica un objetivo: alcanzar una reducción de un 75% en la incidencia del cáncer relacionado con la emisión de contaminantes atmosféricos tóxicos provenientes de fuentes de área. La EPA debe recomendar al Congreso, al 15 de noviembre de 1995, una Estrategia Nacional global para controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos tóxicos provenientes de fuentes de área en los radios urbanos. La estrategia deberá estar implementada al 15 de noviembre de 1999.

Emisiones accidentales

Parcialmente como reacción ante el trágico accidente de Bhopal, India, las CAAA de 1990 incluyen un programa orientado a prevenir emisiones accidentales de sustancias químicas extremadamente peligrosas y a minimizar las consecuencias de estas emanaciones. Una emisión accidental se define como aquella no prevista de una sustancia objeto de regulación. Al 15 de noviembre de 1992 la EPA debe publicar una lista inicial de 100 sustancias químicas que en caso

³⁸ La probabilidad de que una persona en una población de un millón pueda contraer cáncer a raíz de una vida (es decir, 70 años) de exposición a la sustancia.

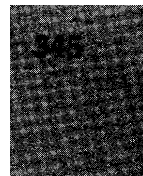
de emisión accidental pudieran causar la muerte, heridas o efectos perjudiciales graves para la salud humana y el medio ambiente. El Acta contiene una lista específica de las primeras 16 sustancias químicas, las que aparecen en el Cuadro 8.

Al 15 de noviembre de 1993 la EPA debe promulgar regulaciones y orientaciones para asegurar la detección y la prevención de las emisiones accidentales y para reaccionar adecuadamente. El Acta especifica que las fuentes en las que una sustancia objeto de regulación esté presente en cantidades superiores al umbral a definir por EPA deben preparar y llevar a efecto un plan de administración de riesgos para detectar y prevenir o minimizar las emanaciones accidentales, y disponer una pronta reacción de emergencia ante cualesquiera emanaciones de este tipo, para proteger la salud pública y el medio ambiente. El plan debe incluir también una «evaluación de riesgos» de las instalaciones, que determine las probabilidades de que ocurra una emisión accidental y ofrezca un cálculo aproximado del volumen de las emanaciones, con una estimación de los posibles efectos de arrastre cólico, las poblaciones potencialmente expuestas y los datos históricos.

El Acta requiere también que la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) promulgue normas de seguridad de los procesos químicos a fin de proteger a los empleados de los riesgos relacionados con las emanaciones accidentales en el lugar de trabajo. Estas normas se publicaron a comienzos de 1992.³⁹ Las CAAA disponen también que la OSHA publique una lista de sustancias químicas altamente peligrosas a controlar en los lugares de trabajo, diferente de la lista de la EPA; la OSHA incluyó en su lista 131 sustancias como altamente peligrosas.

Finalmente, las CAAA establecieron un nuevo Comité de Investigación de Riesgos y Seguridad Química, modelado según el Comité Nacional de Seguridad en el Transporte, para que investigara e informara al público sobre las o probables causas de cualquier emanación accidental que pudiera provocar accidentes fatales, heridas graves o pérdidas importantes de propiedad. Sobre la base de este informe, la EPA está autorizada para publicar regulaciones conforme a cualquier ley ambiental para reducir la probabilidad de que tales accidentes se

³⁹ Véase 57RF 6356,24 de febrero de 1992.



produzcan en el futuro. Al momento de escribirse este trabajo, aún no se había formado el Comité de Investigación de Riesgos y Seguridad Química.

CUADRO 8 COMPUESTOS QUÍMICOS QUE APARECEN EN LA LISTA DE LAS CAAA DE 1990 PARA EL CONTROL DE LAS EMANACIONES ACCIDENTALES

Amoníaco	Fluoruro de Hidrógeno
Amoníaco Anhidro	Sulfuro de Hidrógeno
Cloruro de Hidrógeno Anhidro	Cloruro de Metilo
Dióxido de Sulfuro Anhidro	Isocianato de Metilo
Bromuro	Fosgeno
Cloruro	Trióxido de Sulfuro
Oxido de Etileno	Diisocianatos de Tolueno
Cianuro de Hidrógeno	Cloruro de Vinilo

Lluvia ácida

Desde mediados de los años 70 ha ido creciendo la evidencia de que las emanaciones de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno estaban volviendo a depositarse en la superficie de la Tierra en forma de ácido sulfúrico y ácido nítrico, con un efecto adverso sobre los recursos naturales, los ecosistemas, los materiales, y potencialmente sobre la salud pública. Más del 80% del dióxido de azufre y el 33% del dióxido de nitrógeno provienen de las plantas de energía que emplean el carbón como combustible y que en su mayor parte se encuentran en la mitad este de EE. UU. Los efectos han sido especialmente graves en el noreste de los EE. UU. y en el este del Canadá.

Las CAAA de 1990 establecen un nuevo programa de control para reducir significativamente las emanaciones de estos contaminantes de las plantas de energía. En síntesis, las emanaciones de dióxido de azufre deben disminuir en unos 10 millones de toneladas anuales en dos etapas, la primera de las cuales entrará en vigencia en 1995 y la segunda, en el año 2000. Estas reducciones deben lograrse por medio de un nuevo e innovador sistema, basado en el mercado, a través del cual las plantas que aparecen específicamente en el listado de las CAAA de 1990 reciben una cuota de las emisiones permitidas, siendo la suma de

las cuotas equivalente al objetivo de reducción. Cada planta puede entonces disminuir sus emisiones hasta el nivel permitido o comprar cuotas de otras fuentes. El rasgo único de este programa legislativo es el concepto de la cuota de emisión transable. Los mercados bursátiles de EE. UU. ya han señalado que planean servir de corredores en estas ventas y transacciones.

Con un enfoque más tradicional a las normas de emanación, las emisiones de dióxido de nitrógeno deben reducirse en 2 millones de toneladas.

El ozono estratosférico

Hay también cada vez más evidencias de que ciertos clorofluorocarbonos (CFC) y otros compuestos muy estables están migrando a la estratosfera y destruyendo la capa de ozono, la que actúa como una barrera fundamental para detener las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Su destrucción puede significar un aumento en el cáncer a la piel y una serie de efectos ambientales graves.

Las CAAA de 1990 disponen reducciones en dos etapas. En la primera, las sustancias químicas más estables (incluyendo los CFC, los Halón, el metil cloroformo y el tetracloruro de carbono) quedarán prohibidas en el año 2000, excepto el metilcloroformo, que quedará prohibido en el año 2002. En la segunda, en el año 2015, se congelará la producción de otras sustancias químicas, preocupantes, pero menos estables que los CFC (entre ellas, los hidroclorofluorocarbonos), y se establecerán restricciones para su uso. La prohibición absoluta de su producción sobrevendría en el año 2030.

También serán afectados algunos productos de consumo. Por ejemplo, la EPA está autorizada para limitar el servicio de los equipos de aire acondicionado de los automóviles, a menos que utilicen un equipo de reciclaje certificado. También se prohibirá la venta de refrigerantes para automóviles en envases de menos de 20 libras y, a partir de 1994, deben comenzar a venderse los acondicionadores de aire para automóviles que usen refrigerantes sin CFC. Finalmente, deben prohibirse los productos de consumo que no sean de primera necesidad y que contengan CFC, entre los que se cuentan las bocinas y los líquidos limpiadores.



Pago de licencias y permisos de emisión

Las CAAA de 1990 también disponen que todas las instalaciones que emiten un contaminante atmosférico objeto de regulación deben obtener un permiso de funcionamiento.

Este será una novedad para muchas instalaciones. El programa de permisos será administrado en parte importante por los Estados, pero con la guía y la supervisión de la EPA. El Acta autoriza el cobro de un derecho anual de emisión no inferior a US\$ 25 por tonelada de emisión de cada sustancia objeto de regulación. Estos fondos serán usados por los Estados para ayudar a financiar la administración de sus programas de permisos.

Se espera que este programa de permisos sea similar al programa nacional de permisos para la contaminación del agua. Procura mejorar el cumplimiento obligatorio de las regulaciones reuniendo todos los requisitos en un solo documento. El nuevo programa de permisos comenzará probablemente en 1994.

Obligatoriedad

En las CAAA de 1990, el Congreso aprobó las disposiciones ambientales más restrictivas existentes hasta ahora. En tanto que la autoridad y las facultades de exigencia de cumplimiento eran débiles y con frecuencia ambiguas en el anterior CAA de 1970, las CAAA de 1990 ampliaron la autoridad y las facultades de la Agencia hasta un alcance casi sin precedentes. Lo más importante es que las disposiciones establecen claramente la autoridad de la Agencia para imponer sanciones criminales, fijar multas elevadas e imponer prolongadas sentencias a presidio. Por ejemplo, el conocimiento de la infracción de prácticamente cualquiera de las disposiciones es un delito de felonía, considerándose cada día como un delito separado, penado con multas de hasta US\$ 250.000 y presidio de hasta 5 años en el caso de los individuos; las multas impuestas a las empresas pueden llegar a US\$ 500.000 por cada infracción. Las penas pueden doblarse o triplicarse en caso de reincidencias. Las infracciones relativas a la mantención de archivos se extienden más allá de un simple falso informe, cubriendo la no mantención en archivos de los documentos o informes requeridos. El conocimiento de emisiones de contaminantes que ponen a una persona en peligro inmi-

nente de recibir daños físicos serios puede ser objeto de sanciones, que en el caso de los individuos pueden llegar a multas de US\$ 250.000 diarios y 15 años de presidio, en tanto que las empresas pueden ser multadas hasta en US\$ 1.000.000 diarios. Finalmente, la EPA puede hacer frente a infracciones menores a través de inspectores que cursen citaciones en el lugar de los hechos por sumas de hasta US\$ 5.000, y la EPA está autorizada para pagar una recompensa de hasta US\$ 10.000 a cualquiera que suministre información conducente a una sanción civil o criminal.

Resumen

El Acta de Aire Limpio de 1970 y sus enmiendas de 1977 dieron como resultado notables mejoras en la calidad del aire del país y en la salud de sus ciudadanos. Sin embargo, los aumentos superiores a lo esperado en las emisiones de contaminantes de fuentes móviles y estacionarias en la década de los 80, junto con problemas ambientales recientemente estudiados, motivaron en 1990 una revisión substancial y un reforzamiento de las Enmiendas al Acta de Aire Limpio. Se espera que estas enmiendas, que en la actualidad están siendo implementadas por la EPA y los Estados, proporcionen la base para mejorar significativamente la calidad del aire en EE. UU. en el curso del próximo siglo.

Puntos claves de la política de descontaminación de Santiago

Eduardo Amagada

SÍNTESIS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE
REALIZADA EN ABRIL DE 1992

La política de descontaminación de Santiago comprende los siguientes aspectos básicos:

1. Creación de conciencia del problema.
Esta etapa inicial y de gran importancia es de por sí ingrata, pues implica llevar el problema a un nivel de discusión pública. Al saber la población la magnitud del mismo, solicitará a las autoridades que resuelva el problema de la contaminación. Tales personeros, específicamente la Comisión de Descontaminación de Santiago, saben que éste es un problema de mediano y largo plazo, pero que no tiene solución sin el apoyo masivo de la población de Santiago. El resultado de este aumento de toma de conciencia redundará en un incremento de las expectativas de la población, la que solicitará soluciones de corto plazo, que no son factibles, pero que implicarán un aumento en el apoyo político y económico que se le dará a la labor de la Comisión. En este marco se encuadran las acciones de corto plazo como la restricción vehicular, que aunque ineficientes son las únicas herramientas con que se cuenta para enfrentar las emergencias de contaminación.
2. Diseño de las acciones de control de mediano y largo plazo y apoyo a las instituciones de control.
La Comisión está diseñando las acciones que conformarán el marco de largo plazo en el que se encuadrarán las soluciones al problema de contaminación de Santiago. En este marco destacan las siguientes:

- Sistema de permisos de emisión transables para el control de emisiones de fuente fijas.
- Regulación de las emisiones de vehículos (están normados los vehículos livianos, restando los camiones y buses).
- Tratamiento de las aguas servidas del Gran Santiago.
- Licitación de la disposición de residuos sólidos domiciliarios e industriales.
- Diseñar una normativa para emisiones domiciliarias, residuos industriales líquidos, residuos sólidos riesgosos y otros.
- Creación de las instituciones de control de las acciones, como la unidad de control de fuentes fijas (PROCEFF) y la planta de homologación de vehículos y control de revisiones técnicas.

3. Traspaso de las responsabilidades a los sectores.
Una vez diseñadas las acciones e instituciones, las responsabilidades de implementarlas y velar por su cumplimiento recaerán en los sectores específicos. Es así como serán funciones del Ministerio de Transportes las plantas de revisión técnica y el cumplimiento de las normas de emisión en la vía pública, y del Ministerio de Salud, decretar emergencia por contaminación atmosférica y fiscalizar las emisiones de fuentes fijas.

4. Resultado.
El resultado de la política de control de emisiones será que Santiago presentará una calidad ambiental acorde con las normas y será una ciudad donde las actividades tendrán que internalizar los costos ambientales de su quehacer, y por lo tanto desde este punto de vista será más caro desarrollar actividades en Santiago que en áreas que no presenten problemas ambientales.

Contaminación atmosférica de Santiago

Ricardo Katz

SÍNTESIS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE
REALIZADA EL 25 DE MARZO DE 1992

Los principales aspectos que dicen relación con la contaminación atmosférica de Santiago son los siguientes:

1. ausencia de vientos (90% del tiempo en calma); Santiago se despeja con los vientos que preceden a la lluvia;
2. capa de inversión térmica; el aire de más abajo es más caliente y queda rodeado de masas frías, lo que impide la dispersión;
3. clima semi-árido (pocas lluvias);
4. topografía complicada (pero no es la causa de la contaminación);
5. las soluciones para Santiago son tan caras como en los países desarrollados; hay aspectos que carecen de soluciones tecnológicas (por ej.: tecnología diesel: hasta hace 10 años era igual a la usada en la 2ª Guerra Mundial);
6. el hollín que emite el motor diesel se comporta como un gas y no precipita; causa el 70% de la contaminación de partículas de Santiago;
7. los convertidores catalíticos no suponen una solución de corto plazo (CO, NO_x); en doce años más se tendrá el mismo nivel actual, salvo que se actúe sobre los autos usados;
8. convertidores catalíticos para vehículos preexistentes (usados): su control es muy complicado y no se puede recomendar por el alto riesgo de incendio del vehículo y baja eficiencia del aparato;
9. plomo: no hay problemas epidemiológicos; la razón de la gasolina sin plomo es para que opere el convertidor catalítico. La bencina sin plomo produce sólo beneficios para el

vehículo. ENAP no tiene capacidad para abastecer el mercado nacional y teme la competencia por importaciones. El decreto que entra en vigencia en septiembre del 92 provocará cambios en el mercado automotor (falta de adaptación de la tecnología: autos de Brasil y de Argentina);

10. problemas de Santiago:

- a) monóxido de carbono: esta contaminación va en aumento.
- b) monitoreo:
 - Parque O'Higgins (Reg. Tacna)
 - Parque Gran Bretaña (calle Seminario)
 - Estadio CORFO (Tabancura)
 - Ministerio de Hacienda
 - Hospital J. J. AguirreLas fuentes de información están donde existe la mayor concentración de vehículos.
- c) ozono: contaminantes del barrio alto.
- d) partículas: lo más grave es al sur de Santiago, pero se supera la norma en todas las estaciones de monitoreo.

11. congelación de las emisiones industriales (decreto sobre fuentes fijas);

12. fuentes móviles: se han dictado dos decretos (diesel-automóviles).

Fuentes fijas: tal como que en el caso anterior, se han dictado dos decretos, uno para las megafuentes y otro para las fuentes industriales.



Introducción

Gabriel Del Fávero

SECRETARIO EJECUTIVO COMISIÓN DE MEDIO AMBIENTE DEL CEP

La gestión ambiental puede ser definida como un conjunto de acciones destinadas a aprovechar y usar el medio ambiente y sus componentes, sin menoscabo de su calidad y de su capacidad regenerativa. En consecuencia, muchos y variados son los instrumentos que se ha procurado la inteligencia humana para gestionar el medio ambiente.

Las normas o estándares de calidad ambiental, así como las normas de emisión, derechos de emisión transables, regulaciones tecnológicas, exigencias de índole comercial (forma de obtención de materiales con que se manufacturan artículos, la calidad de envases o productos, métodos de fabricación o procesos industriales, posibilidad de reciclaje, etc.), impuestos o incentivos tributarios, etc. son ejemplos de los instrumentos que se utilizan en la actualidad para gestionar el medio ambiente.

A nivel mundial los estándares de calidad ambiental comienzan a ser utilizados y a difundirse a inicios de la década de los años 70. Estos estándares definen de una manera general e igualitaria, para una sociedad cualquiera que los estatuya, la capacidad de uso que admiten los componentes básicos del medio ambiente, esto es, el aire, las aguas y los suelos. Estos han demostrado ser uno de los mecanismos más eficaces y eficientes para definir los objetivos de calidad del medio ambiente.

Los estándares de calidad ambiental, a su vez, se distinguen entre los primarios y los secundarios. Los estándares primarios tienen por objeto proteger la vida y salud de los seres humanos, con un margen razonable de seguridad. Los secundarios, en cambio, están destinados a proteger, conservar o preservar la vida y la salud de los seres vivos no humanos (flora y fauna), la renovabilidad de los recursos

de los cuales tales especies dependen y la sustentabilidad de las funciones de los ecosistemas de que forman parte, también con un grado razonable de seguridad. Asimismo son funcionales para la protección de monumentos, visibilidad, paisajes u otros aspectos del medio ambiente.

En términos prácticos, la fijación de un estándar de calidad para el aire, agua o suelo, significa que en tales componentes o en alguno de ellos, pues se fijan independientemente para cada uno, no debe existir una concentración dada de un determinado contaminante, sea ésta un valor máximo o mínimo, durante algún periodo o en absoluto. Así, por ejemplo, la norma primaria de calidad del aire referida a SO₂ (anhídrido sulfuroso) en Chile establece que en el aire no puede haber más de 365 microgramos por metro cúbico normal, en el lapso de 24 horas, o de 80 microgramos por metro cúbico normal como promedio en el lapso de un año.

De esta forma se está definiendo la calidad que debe tener el aire en relación al SO₂, o a la inversa, la forma en que puede ser usado el aire, en cuanto componente del medio ambiente, como receptor de las descargas de SO₂ que generan determinadas actividades naturales o productivas.

Lo anterior está definido no en función del aire por sí mismo, sino que para que éste, en razón de las concentraciones de SO₂ que contenga, no represente un riesgo para el hombre o para la flora y fauna. Por lo tanto, para cada sustancia que se considere peligrosa se deberán fijar los límites de su presencia, sea en el aire, en las aguas o en los suelos. En el agua es frecuente que el estándar fije una concentración máxima para una sustancia específica, por sobre la cual el líquido elemento se hace peligroso para ciertos usos (bebida, riego), y sin asociación a períodos, sino que a tasas de ingesta especificadas.

Dado que los estándares primarios de calidad ambiental fijan un nivel determinado, en el cual existe un razonable margen de seguridad para la salud humana, la misma norma debiera indicar a partir de qué nivel la presencia de la sustancia regulada se convierte en una situación grave o crítica que, eventualmente, dé lugar a medidas drásticas, como la imposición de normas de emisión o suspensión de determinadas actividades, destinadas a reducir sustantivamente la emisión de los efluentes que contienen la sustancia regulada.

Como se expresara, las normas o estándares de calidad ambiental primarias o secundarias suponen un riesgo para la salud



humana y para los objetivos de protección secundarios (flora, fauna, monumentos, etc.). Dicho nivel de riesgo se establece en función de asociaciones estadísticas significativas entre un contaminante y algún efecto adverso para la salud. En escasas oportunidades se logra establecer relaciones de causalidad. En la medida en que la incertidumbre científica es mayor se agregan factores de «seguridad» más elevados al nivel establecido científicamente y viceversa.

Por otra parte, el cumplimiento de los estándares fijados implica costos para la sociedad, de manera que existen importantes consecuencias económicas para ésta cuando adopta estándares de calidad ambiental. Estas peculiaridades hacen que el proceso de establecimiento de estándares de calidad ambiental sea de la máxima importancia y especialmente complejo.

La sociedad que adopta estándares de calidad ambiental debe tener conciencia de su necesidad, de las finalidades que se persiguen con los mismos y de las implicancias que conlleva su establecimiento.

Los riesgos para salud o de muertes incrementales debidos a la presencia de contaminantes en concentraciones consideradas aceptables, los costos que supone adecuar la totalidad del aparato productivo, de servicios, recreativo, etc., de una sociedad, los requerimientos asociados a la creación de instituciones que generen, fiscalicen, controlen y evalúen el cumplimiento de las normas, son los elementos de análisis que hay que tener en consideración al momento de enfrentar la tarea de fijar estos estándares.

De lo expuesto deriva que la fijación de un estándar ambiental debe enmarcarse, en lo posible, como parte integral de una política ambiental, la que a su vez debería estar fundada en el diagnóstico de la situación ambiental existente y en los objetivos o metas que se quieren lograr en esa área.

Adicionalmente, la fijación de un estándar de calidad ambiental debe estar dotado de un fundamento de carácter científico, lo que obliga a la realización de los estudios pertinentes, que establezcan las asociaciones o correlaciones relevantes entre contaminantes y los efectos que se quieren evitar. Al respecto hay que tener presente las limitaciones que nuestro país tiene sobre la materia, lo que nos conduce a la necesidad de copiar estándares de otros países que sí han podido efectuar tales estudios de respaldo, pero adaptándolos en lo pertinente a la realidad nacional.

Además, debe tenerse en cuenta la capacidad tecnológica existente para abatir o eliminar contaminantes, de manera que las exigencias derivadas de los estándares puedan ser cumplidos por los destinatarios de las normas. En otras palabras, el estándar debe reflejar con realismo sus propias posibilidades de ser acatado.

En estricta relación con esto último, con los objetivos ambientales generales de una sociedad y con otras necesidades colectivas que también deben ser satisfechas, debe realizarse un serio análisis o comparación entre el beneficio asociado al estándar y el costo en que incurrirá esa misma sociedad para alcanzarlo. En este sentido es necesario que las acciones derivadas de los estándares sean lo más eficientes posible, es decir, que logren las metas de protección deseadas al mínimo costo social posible. En países como el nuestro, donde existe una fuerte demanda de recursos económicos de parte de diferentes sectores, piénsese en educación, atención de salud, habitación, infraestructuras viales, seguridad ciudadana, etc., obliga a que los objetivos de protección ambiental se inserten dentro de esa realidad socioeconómica.

Otra faceta relevante que presentan los estándares de calidad ambiental, como ya se adelantara, es que obliga a los sujetos normados (Estado y particulares) a regular todas sus actividades, sean productivas, recreativas o de otra índole, y la forma de uso de sus bienes, de manera tal que se puedan alcanzar las metas de calidad ambiental predefinidas en los estándares.

Esto equivale a restringir o delimitar derechos de las personas, que están amparados jurídicamente, y respecto de los cuales y en cuanto a su ejercicio se refiere no existían restricciones provenientes de necesidades ambientales. Armonizar los derechos susceptibles de ser afectados, como el de propiedad o la libertad para desarrollar cualquier actividad económica, con las aspiraciones de calidad ambiental de una sociedad no es una tarea fácil o trivial.

Para armonizar los derechos que puedan entrar en conflicto, resulta imprescindible que exista claridad en cuanto a los objetivos de calidad ambiental que persigue la sociedad, dado que deben ser alcanzados al mínimo costo social posible. Tales aspiraciones no pueden ser logradas legítimamente a costa de los derechos individuales, dado que nuestro ordenamiento jurídico no lo admite y porque no sería justo que así se hiciera. De ello se colige que algunos costos los deberá asumir el Estado en representación de los intereses de la socie-

dad toda. La preservación de un paisaje podría suponer, por ejemplo, privar a alguien de la posibilidad de aprovechar económicamente el recurso maderero de un bosque nativo situado en su propiedad privada. En tal caso, la sociedad debe indemnizar al propietario del bosque por la limitación que se le impone a su dominio, pues se está afectando uno de sus atributos esenciales (usufructuar de la cosa, en este caso el bosque). Y si se le expropia el bosque debe ser indemnizado por la propiedad completa. En ambos casos se debe indemnizar, aunque el motivo sea de inequívoca utilidad pública. De manera que la fijación de estándares ambientales representa costos públicos y privados y los que se impongan a estos últimos no pueden significar expropiación o privación de sus derechos, sin la adecuada compensación.

Las enormes consecuencias que se derivan de las restricciones que se establezcan a las actividades de las personas para el desarrollo económico social de un país deben ser adecuadamente ponderadas, sin perjuicio de que nadie sostiene hoy en día, en forma fundada, que se pueda lograr un verdadero desarrollo mediante la depredación de los recursos naturales renovables o mediante la degradación del medio ambiente, sino que hay consenso en que se debe asegurar la sustentabilidad de tales recursos y del medio ambiente. Es una ecuación difícil y las normas o estándares de calidad ambiental son parte de la misma.

Como consecuencia de lo expuesto, se presentan dos cuestiones adicionales en relación con los estándares de calidad ambiental, que son cruciales: qué rango o jerarquía jurídica deben tener las normas de calidad ambiental, y cómo deben ser establecidas, es decir, a base de cuál procedimiento.

Si las normas de calidad ambiental fueren fijadas por ley, su pública discusión, a nivel de la sociedad toda, estaría adecuadamente garantizada en virtud del proceso mismo de generación de leyes, que involucra al Presidente de la República y al Congreso Nacional.

En dichas instancias democráticas pueden hacerse valer los diferentes puntos de vista en torno a los complejos problemas antes reseñados, permitiendo la participación de los más variados sectores e intereses de la sociedad. De hecho, la ley aparece como la única forma jurídica apropiada para regular una materia que se supone debe ser armonizada con otros derechos amparados por la Constitución y las leyes.

Sin embargo, no hay que olvidar las complicaciones técni-

cas que cada norma de calidad ambiental posee, la necesidad de revisarla periódicamente conforme avance el estado del conocimiento y la cantidad de estándares que habría que establecer. Tales situaciones introducen un grado de duda acerca de la viabilidad de este mecanismo de fijación de estándares de calidad ambiental.

En todo caso, a través de la ley se debería generar un mandato a alguna autoridad administrativa para que, conforme un procedimiento que asegure la idoneidad del estándar, lo fije. En derecho ello significaría establecer el estándar de calidad ambiental por decreto supremo.

Esta posibilidad aparece como aceptable, siempre que el procedimiento de generación del estándar dé garantías a los diferentes sectores sociales interesados, dados los importantes aspectos involucrados, y en que la facultad de la autoridad administrativa esté claramente acotada por la ley. El procedimiento pertinente debería considerar instancias formales de participación pública y obligar a fundar las proposiciones en estudios científicos y en análisis de costos y beneficios.

En otro orden de ideas, la forma en que el país pretenda abordar sus problemas ambientales, podría incidir en la institucionalidad más apropiada para velar por el cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental de la sociedad y para proponer y concretar políticas nacionales sobre la materia.

Las proposiciones van desde la creación de un ministerio hasta la de una instancia meramente coordinadora o la de un órgano contralor, tal como una superintendencia. Cabe hacer presente que una de las labores más importantes que debería realizar la entidad estatal, aparte de su participación en la generación de estándares de calidad ambiental o de otros instrumentos de gestión ambiental, consistirá en la evaluación de la bondad de esos estándares, en cuanto a su eficacia y eficiencia para conseguir los propósitos deseados.

Lo anterior significa examinar el grado de cumplimiento del estándar, el costo que haya significado, los beneficios reales obtenidos, comparándolos con los planificados originalmente. Esta labor es de capital importancia pues debe constituir el punto de partida de los procesos de revisión periódica de los estándares y servir de experiencia para fijar otros.

En conclusión, los estándares de calidad ambiental tienen una enorme trascendencia como instrumentos destinados a definir las metas de calidad para el medio ambiente que una sociedad puede

desear en un momento dado. Permiten afinar posteriormente esos mismos objetivos, en la medida que el avance del conocimiento lo admite y con la experiencia práctica que se recoja de su aplicación en la realidad. Por ende, su generación es una tarea de alta complejidad, que requiere de buenos recursos humanos y financieros, y de claras normas procesales para su establecimiento y posterior evaluación.



Estándares primarios de calidad ambiental

Dr. Juan Giaconi G.

Juan Giaconi G. Magister en Salud Pública de la Universidad de Londres. Jefe del Departamento de Salud Pública, Pontificia Universidad Católica de Chile. Autor de numerosas publicaciones en su especialidad. Ex Ministro de Salud.

Se entiende por estándares primarios aquellos establecidos para proteger la salud humana con un razonable margen de seguridad.

La fijación de normas y/o estándares primarios para los contaminantes ambientales guarda estrecha relación con la definición que se utilice para caracterizar las sustancias contaminantes. Genéricamente se ha utilizado con tal finalidad una definición restrictiva. Se acepta la presencia de sustancias que pudieran determinar daño para la salud humana, siempre y cuando la cantidad y/o concentración de ellas en el ambiente no determinen daño. Esta definición, desde una perspectiva amplia, es permisiva. Sin embargo, operativamente hablando, permite aceptar variaciones en los diferentes estándares conforme se recopile mayor información científica de los daños potenciales o reales que pudieran observarse.

Una definición menos excluyente de sustancias contaminantes, también menos funcional, es la que señala que se considerará como sustancia contaminante toda aquella que en condiciones naturales normalmente no existe en el medio ambiente. Este criterio, aun cuando tiende a proteger extensamente la salud humana, tiene el inconveniente de hacer necesario un diagnóstico acabado de la situación ambiental en distintos sectores geográficos (diferentes condiciones naturales). Por otra parte, crea una cierta dificultad para interpretar la participación de sustancias naturales, de alta frecuencia espontánea.

Por tanto, aun cuando desde el punto de vista preventivo esta acepción de contaminante privilegia la salud humana, tiene el inconveniente de ser prácticamente inoperante en nuestra sociedad contemporánea.

Concepto de salud

La Organización Mundial de la Salud ha definido salud como el completo bienestar físico, psíquico y social de las personas pertenecientes a una sociedad determinada.

Esta definición tiene la desventaja (Parsons 1978) de una excesiva amplitud, ya que cualquiera perturbación al «completo bienestar físico, psíquico y social» de las personas podría ser entendida como un problema de salud.

Con esto, gran parte de las dificultades que los seres humanos enfrentan en la vida cotidiana, y que han llegado a ser parte inherente de su vivir, podrían ser concebidas como alteraciones a la salud.

En los estudios conducentes a apoyar la definición de normas primarias ambientales, para proteger la salud de la población, se usan básicamente enfermedades conocidas o síntomas bien estandarizados comunes a varias de ellas. En los casos de medición de mortalidad también se usan criterios de diagnósticos previamente conocidos.

La nomenclatura y codificación de la Clasificación Internacional de Enfermedades de la OMS, novena revisión, es la mundialmente aceptada.

Como ejemplo de lo expuesto se puede mencionar la asociación entre monóxido de carbono (CO) y la enfermedad coronaria; la vinculación entre enfermedades del aparato respiratorio con PM10, óxido nitroso y anhídrido sulfuroso.

Concepto de riesgo

En epidemiología se entiende por riesgo la tasa de incidencia de una enfermedad o condición en una población definida. (Entendiendo por incidencia el número de casos nuevos en un período predefinido.)

Se considera factor de riesgo cualquiera cuya presencia está asociada (no necesariamente en forma causal) con un riesgo aumentado de una determinada enfermedad o condición.

Para precisar la naturaleza de la relación entre sucesos aparentemente asociados se usan definiciones más precisas sobre riesgo, las que se exponen a continuación:



- a) *Riesgo relativo:* es la tasa de incidencia en los expuestos a un factor o condición, dividida por la tasa de incidencia en los no expuestos. La medición en este tipo de riesgo es una medida útil de la fuerza de asociación entre una condición o enfermedad con un factor de riesgo. Los factores «causales» se asocian con riesgo relativo alto. Por ejemplo, en la ingestión de plomo en los niños se ha demostrado que sobre ciertos niveles en la sangre, dicho agente es «causante» de trastornos del sistema nervioso central.
- b) *Riesgo atribuible:* consiste en la tasa de incidencia en los expuestos a una condición o factor de riesgo menos la tasa de incidencia en los no expuestos. Este riesgo es una medida útil de la reducción en la tasa de incidencia esperada entre aquellos expuestos al factor de riesgo si éste fuera causal. Por ejemplo, en un estudio reciente se ha podido demostrar una asociación estadísticamente significativa entre aumentos agudos del PM10 e incrementos en las mortalidades específicas por algunas enfermedades respiratorias en mayores de sesenta años.¹ La eliminación de estos episodios de aumento de material particulado permitiría calcular la disminución de mortalidad consiguiente por esas causas específicas.

Ambiente y población

Numerosos factores afectan la sensibilidad de la población a las noxas ambientales, entre ellos la edad, el sexo, el estado general de salud y nutrición, las exposiciones simultáneas, las enfermedades preexistentes, la temperatura y la humedad en el momento de la exposición. En general los ancianos, los niños pequeños, las embarazadas, las personas con enfermedades preexistentes, los fumadores de cigarrillos

¹ D. Rutstein, R. Mullan, T. Frazier, W. Halperin, *et al* «Sentinel healths events (occupational): a basis for Physician recognition and public health surveillance». *American Journal of Public Health*, 73(9), 1983, pp. 1054-1062.; Doli R. «Occupational cancer: a hazard for epidemiologists». *International Journal of Epidemiology*, 14 (1), 1985, pp. 22-31; J. Escudero.»Algunas consideraciones sobre la contaminación ambiental». *Cuadernos Médico Sociales*, XXX (1), 1989, pp. 18-25; A. J. Me Michael. «Setting environmental exposure standars: the role of the epidemiologist». *International Journal of Epidemiology*, 18 (1), 1989, pp. 10-16.

y el personal expuesto en su medio de trabajo son más vulnerables a la exposición de los contaminantes.

Desde el punto de vista toxicológico y de la acción de las sustancias químicas, la población se va a enfrentar con distintos tipos de efectos:

- a) *Efectos agudos:* son el producto de la exposición de las personas a elevadas concentraciones de sustancias químicas en el ambiente, en corto tiempo. Ejemplo: el accidente en Pozarica, México, por el escape de ácido sulfídrico.
- b) *Efectos crónicos:* son la expresión de la exposición a bajas dosis de sustancias tóxicas que actúan a lo largo del tiempo. Ejemplo: el cáncer a la piel por efecto de la exposición de largo plazo a bajas dosis de arsénico.
- c) *Efectos diferidos:* las manifestaciones clínicas no corresponden al momento en que se produjo la exposición. Estos efectos son el resultado de una acción de las sustancias químicas tóxicas sobre el material genético celular. Se puede expresar como:
 - i) Efectos cancerígenos: lo que se manifiesta en una reproducción celular desordenada o tumor.
 - ii) Efectos mutagénicos: cuando se daña a las células reproductivas y en consecuencia los efectos aparecen en otras generaciones.
 - iii) Efectos teratogénicos: cuando las sustancias químicas actúan sobre el embrión alterando el material celular o bloqueando procesos enzimáticos. Se traduce en general en malformaciones congénitas.

El comportamiento de la población en términos de su respuesta frente a contaminantes ambientales no es homogénea, existiendo una distribución que identifica en sus extremos a individuos con respuestas particulares.

En estos extremos se sitúan personas que experimentan reacciones intensas frente a la exposición a contaminantes ambientales por alguna característica particular. Sin embargo, desde el punto de vista de la cantidad de personas con estos atributos, esta respuesta es minoritaria al considerar a la población en general.

En la fijación de normas ambientales se aspira a proteger a los grupos más sensibles de la comunidad, pero no necesariamente a los miembros más sensibles de estos grupos respecto de los efectos adversos que los contaminantes pueden tener sobre la salud. En otras palabras, las personas hiperreactivas o hipersensibles a cualquier agente ambiental llevarían a fijar las normas a niveles tan bajos que serían incompatibles con las actividades humanas básicas. Respecto de estas personas se sugiere cambio de hábitat radical o, según sea el caso, profundos cambios en sus estilos de vida.

Las normas de salud ambiental tienen por objeto proteger a los individuos, las poblaciones humanas y su progenie de los efectos adversos de los factores ambientales peligrosos. En este sentido, un principio básico es la mantención de todas las exposiciones al nivel más bajo que sea factible, con la condición de no exceder los límites de exposición definidos por la norma.

Estas normas se suelen fijar de acuerdo a las concentraciones de las diferentes sustancias en los componentes ambientales (agua, aire, tierra, etc.) o bien en la cantidad de sustancia que puede ser absorbida por el organismo. Se debe considerar que al fijar la norma, tanto la concentración como cantidad máxima tolerable deben estar por debajo del llamado nivel umbral (si éste existe o se puede determinar), cuidando que la población no esté expuesta a un riesgo inaceptable para su salud, incluso después de una exposición de por vida o al menos prolongada.

Efectos en la salud humana

Para establecer los daños en salud que son atribuibles a la presencia ambiental de contaminantes se ha recurrido clásicamente a las siguientes modalidades de investigación científica:

- a) Investigación epidemiológica. Se usa con algunas limitaciones, entre las cuales una de las más importantes es el control de variables intermedias que pueden ser determinantes al momento de buscar asociaciones. Entre las más frecuentes están:
 - Contaminación intradomiciliaria.
 - Hábito tabáquico en el caso de contaminantes aéreos

(se refiere en realidad al uso voluntario o involuntario del tabaco).

- Ubicación geográfica de la vivienda (urbana o rural).
- Condiciones físicas de mayor susceptibilidad, sean éstas fisiológicas (embarazo, período perinatal, edades extremas, etc.) o patológicas (malnutrición, enfermedades crónicas, etc.).
- Contaminación producto de exposiciones naturales, laborales, provenientes de productos de consumo, etc.

Estos estudios plantean también dificultades metodológicas relacionadas con la medición de los niveles de exposición y la consideración del tiempo de exposición, de importancia para la exposición crónica.

b) Otros estudios no epidemiológicos. Estudios toxicológicos.

- i) Estudios clínicos que pueden analizar pequeñas modificaciones con exposiciones de corta duración y de poca monta.
- ii) Estudios en el animal, con buena capacidad de extrapolación al ser humano, en especial cuando la variable dependiente en estudio se relaciona con daño carcinogénico, mutagénico o teratogénico. Se debe considerar la variabilidad de especie al momento de interpretar los resultados.
- iii) Ensayos moleculares, utilizando formas biológicas inferiores con ayuda de la biología molecular, de alta aplicabilidad en el estudio de daño de material genético como índice de la toxicidad. Tienen el inconveniente de no reconstituir fielmente el intrincado diseño natural, plurifásico, de la carcinogénesis.
- iv) Estudios de relación estructura-actividad, que suelen basarse en el conocimiento previo de daños asociados a estructuras químicas particulares, planteando la sospecha de efectos parecidos con familias similares de compuestos.

Incidentalmente, también es posible obtener cierto grado de información producto de desafortunados accidentes ambientales que



determinan exposiciones a poblaciones masivas generalmente de gran intensidad.

Vinculación entre daños a la salud atribuibles a la presencia de contaminantes ambientales: Dificultades metodológicas

Históricamente ha existido gran dificultad para establecer relaciones de asociación directa entre la presencia de contaminantes ambientales y deterioro de la salud humana.

Esta dificultad deriva fundamentalmente de las siguientes consideraciones:

1. Limitaciones dadas por las diferentes modalidades de estudios.

Tradicionalmente se han utilizado dos tipos de estudios para tratar de establecer evidencias que apunten hacia relaciones de asociación: estudios toxicológicos y epidemiológicos. Los primeros tienden a utilizar información derivada de exposiciones controladas de grupos humanos o animales a sustancias con reconocidos riesgos para la salud, proveyendo información relacionada con respuestas biológicas frente a estas exposiciones (curvas dosis-respuestas), niveles mínimos de exposición frente a los cuales comienzan a apreciarse daños de diverso orden para la salud (umbrales de respuesta) y características individuales que hacen reaccionar de diferente forma a distintos individuos (reactividad).

Por otra parte, los estudios epidemiológicos investigan las asociaciones con base científica que apuntan hacia el comportamiento natural de las variables en estudio en un conjunto de individuos, basándose en estudios, fundamentalmente observacionales, en los cuales el investigador no manipula ninguna variable sujeta a estudio. Dado que son innumerables los factores que pueden interactuar entre los factores en estudio y los daños en cuestión, existe metodológicamente la dificultad de controlarlos adecuadamente al momento de efectuar comparaciones válidas desde el punto de vista estadístico.

En cuanto al diseño, existen técnicas estadísticas que permiten el adecuado control de variables de confusión, siempre y cuando los factores a controlar sean conocidos y su peso relativo en relación al daño en estudio, a lo menos estimado con razonable seguridad (análisis multivariado, regresión logística, análisis de sobrevida con técnicas re-

gresivas, etc.). Particular importancia al respecto ha tenido el desarrollo de la informática como disciplina de apoyo.

Debemos recordar además que no encontrar argumentos estadísticos al momento de buscar asociaciones no significa que las vinculaciones entre sustancias contaminantes y daños a la salud no sean plausibles desde una perspectiva biológica.

2. Desconocimiento de la historia natural de los daños en salud que puedan derivarse de la exposición a agentes ambientales.

Podemos asumir que no se requiere, en último término, conocer acabadamente el mecanismo causal del daño en estudio, e incluso el agente causal, para poder describir la historia natural de un determinado daño. Aun así, producto de nuestro desconocimiento global en materia de exposición y daño, no se puede disponer de un panorama suficientemente completo para describir los daños para la salud humana.

Contribuye a esta falta de información el hecho de que como parte del proceso productivo moderno se están produciendo exposiciones masivas a estos agentes desde hace poco tiempo.

3. Inadecuado uso de indicadores para evaluar la asociación. Efecto y respuesta.

Ambos términos suelen usarse indistintamente para denotar un cambio biológico, en un individuo o en una población, en relación con una exposición o dosis (cantidad administrada o recibida de una sustancia). Algunos toxicólogos han creído útil diferenciar estos conceptos, utilizando el término «efecto» para señalar un cambio biológico y el de «respuesta» para indicar la proporción de una población que manifiesta un efecto definido.

Comúnmente los efectos o respuestas a agentes ambientales se miden de acuerdo a una escala graduada de intensidad o gravedad, que relaciona la magnitud con la dosis. Algunos efectos, sin embargo, no permiten gradación, y se expresan sólo diciendo que están «presentes» o «ausentes». Esos efectos se denominan cuánticos. Ejemplos típicos de efectos cuánticos son la muerte u ocurrencia de algún tumor.

Un argumento muy utilizado para apuntar hacia una falta de relación entre los factores en estudio y los desenlaces ha sido el hecho de considerar, en parte de los estudios realizados, la mortalidad como un evento representativo de estos daños. El exceso de mortalidad vincu-

lado con exposiciones de gran monta (por cierto infrecuentes en relación al gran problema de exposiciones masivas de menor intensidad) puede correlacionarse como efecto de una exposición aguda, tal como históricamente se ha observado tanto en incidentes naturales (Londres, Valle del Mosa, etc.) como secundarios a la actividad productiva.

Un enfoque moderno apunta hacia la identificación de indicadores intermedios con suficiente sensibilidad y carácter predictivo para lograr identificar e interceptar la historia natural del o los daños en estudio. En este sentido es claro que la mortalidad, tanto desde el punto de vista técnico como ético, ha dejado de ser un indicador de utilidad para evaluar estas vinculaciones. La medición de morbilidad representativa (trazadora) ha probado tener mejor sensibilidad.

Se ha explorado también la identificación de modificaciones de ciertas funciones específicas relacionadas con algunos sistemas. (Efectos funcionales en la capacidad respiratoria, cambios fisiológicos del aparato cardiocirculatorio, etc.).

4. *Interacciones entre los diferentes contaminantes.*

Cuando un organismo está expuesto a dos o más sustancias, la acción combinada de éstas puede ser:

- a) Independiente, cuando las sustancias producen diferentes efectos o tienen mecanismos de acción distintos.
- b) Aditiva, cuando la magnitud de los efectos o respuesta producidos es numéricamente igual a la suma de los efectos por separado.
- c) Sinérgica (más que aditiva), cuando los efectos combinados son mayores que la suma de los efectos aislados. Se suele hablar de potenciación al referirse a este efecto.
- d) Menos que aditiva (antagonismo o inhibición).

La secuencia de exposición, así como el tiempo, son importantes cuando actúan más de dos contaminantes, dependiendo de estas variables la calidad y el grado de acción combinada.

Asimismo, la acción combinada de diferentes sustancias a niveles altos puede ser muy distinta a la observada en niveles de exposición bajas.

Uno de los aportes más relevantes de la epidemiología moderna ha sido introducirse en el intrincado mundo de las relaciones que

se pueden observar (medir) entre diferentes factores en estudio y determinados daños.

Sin embargo, para poder establecer estos particulares comportamientos (sinergismo, potenciación, anulación, atenuación, modulación, etc.) se requiere conocer, al menos, el comportamiento aislado de la mayor cantidad posible de estos elementos antes de poder determinar cómo se comportan al interactuar libremente entre sí en un medio natural.

Al respecto señalemos que en relación a contaminantes atmosféricos existe una clara potenciación de efectos para la salud humana al considerar conjuntamente al material particulado en suspensión con algunos contaminantes gaseosos.

5. Deficiencia en la determinación y/o vigilancia epidemiológica del ambiente.

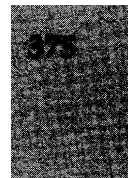
Un hecho indispensable para estatuir asociaciones entre variables está constituido por la necesaria medición de los factores en estudio, a fin de establecer relaciones de dependencia o independencia. Malamente se podría determinar si las modificaciones de una variable determinan cambios en la otra si ambas no se miden contemporáneamente. Lo anterior no apunta solamente al establecimiento de asociaciones derivadas de exposiciones agudas, en las que pudieran observarse modificaciones sincrónicas. También son válidas estas consideraciones para los efectos a largo plazo derivados de dichas exposiciones, relaciones que podrían establecerse tan sólo si se contara con la medición retrospectiva de las variables.

6. Brevedad de los estudios en relación a los prolongados períodos de incubación de algunos daños.

Por características propias de los contaminantes ambientales, es esperable observar efectos al largo y al muy largo plazo (secundarios a modificaciones del material genético de los susceptibles como consecuencia de la exposición). Estos daños requieren de prolongados períodos de incubación.

Esto, sumado al desconocimiento de la historia natural de estos daños, hace que, con alta probabilidad, ellos se presenten en una dimensión subclínica (metabólica, bioquímica, fisiológica, etc.) que suele pasar inadvertida.

El punto es de trascendental importancia en relación a las



dosis «umbrales», vale decir, aquellas dosis mínimas sobre las cuales es posible advertir efectos adversos para la salud humana. Cuando los daños a evaluar son carcinogénicos, es decir, cuánticos, es difícil establecer a qué nivel de exposición se debe fijar este umbral. Cuando a un determinado nivel de exposición no se observa aparición de este tipo de daño, es preferible hablar de «nivel sin efecto observado», dado que la no aparición del daño puede ser consecuencia de un período de latencia prolongado. Se suele hablar entonces de «umbral de insensibilidad».

7. Inadecuada selección de las poblaciones objeto de las mediciones de los diferentes daños.

La revisión de la literatura identifica con mucha frecuencia la tendencia a medir daños agudos, para lo cual se recurre a la medición de daños en grupos de edades particulares, de alta sensibilidad (niños, senescentes). Cuando el interés se centra en la determinación de daños crónicos, la población más representativa para medir tales efectos debería ser aquella que ha tenido la posibilidad de estar sujeta a exposiciones de baja monta por períodos prolongados.

En estricto rigor, si la aspiración es poder determinar asociación, ojalá causal, es necesario que los numeradores, al momento de construir una tasa, sean representativos de la población crónicamente expuesta, incorporando estas cohortes al análisis, con una perspectiva de desfase temporal concordante con prolongados períodos de incubación de los daños seleccionados.

Criterios para determinar el grado en que un contaminante puede entrañar un riesgo ambiental

Suelen aplicarse cinco criterios para determinarlos (OMS, 1978):

- i) Gravedad y frecuencia de los efectos para la salud humana, en especial a exposiciones prolongadas, considerando preferentemente los efectos irreversibles y crónicos sobre la salud humana.
- ii) Ubicuidad y abundancia del agente en el medio humano.
- iii) Grado de persistencia en el medio ambiente.
- iv) Transformación ambiental o alteraciones metabólicas que pueden determinar la generación de un agente contaminante incluso más dañino que el de sus constituyentes originales.

- v) Población expuesta. Se busca identificar exposiciones masivas y selectivas para grupos humanos concretos y aquellas que afectan con mayor intensidad a individuos particulares de acuerdo a edad, enfermedades previas, condiciones como embarazo u otras circunstancias.

Fases en la elaboración de normas ambientales

El objetivo último de una norma es la reducción o control de riesgos para la salud (norma o estándar primario) o el medio ambiente (norma o estándar secundario). En este sentido, la evaluación del riesgo inherente a la contaminación es un procedimiento esencialmente científico.

Para tales efectos, cada sociedad proveerá un marco jurídico (particular) de procedimientos a seguir.

Clásicamente la dictación de una norma en tal sentido sigue el siguiente proceso:

Fase científica

- a) Identificación y caracterización de los agentes contaminantes.
- b) Evaluación del riesgo para la salud humana.
- c) Estimación del riesgo, conocimiento de las vías y mecanismos de exposición, estimación de la población expuesta.

En esta fase es donde se deberían poder fijar las normas sobre concentraciones ambientales que no producen efectos adversos para la salud humana.

Fase política y administrativa

- a) Determinación del nivel de riesgo admisible para la población. (En último término, etapa técnico-política.)
- b) Identificación de grupos poblacionales de mayor susceptibilidad.



- c) Consideración, en la dictación de la norma primaria, de los efectos sobre el ecosistema.
- d) Diseño de mecanismos de vigilancia ambiental.
- e) Marco legislativo. (Leyes de marco ambiental, código sanitario, etc.).
- f) Aspectos económicos. (Estudios costo-beneficio).

En esta fase es preciso conocer las consecuencias técnicas, sociales, financieras, jurídicas e institucionales que deriven de las normas a adoptar.

El marco recién expuesto sólo se adoptará en términos generales. Supone una progresión lógica en la toma de decisiones que quizás no siempre se siga en la vida real. Este propone la adopción de una serie de decisiones basadas o impulsadas por la ciencia. En la práctica, quienes toman las decisiones quizás tengan que hallar soluciones para los problemas ambientales existentes. En ese caso, el proceso podría desarrollarse en sentido inverso: de la fase política a la científica. Aunque el proceso expuesto habitualmente sea lineal, en último término en muchos de los casos es cíclico, a la luz de mayores conocimientos científicos al respecto que permitan ajustar las normas existentes.

Esta forma de tomar decisiones no está exenta de críticas. Las principales objeciones derivan de la insuficiencia de información sobre la que se basa la evaluación. Esto impide estimar cuáles serán los efectos al largo plazo de exposiciones crónicas. Posteriormente será difícil determinar los niveles e incluso los tipos de daños que habrán de evitarse.

La otra objeción hace referencia al grado de aceptabilidad de determinados riesgos. Se engloba en la pregunta ¿para quiénes han de ser aceptables determinados riesgos?

La EPA (Environmental Protection Agency de EE.UU.) utiliza en la fijación de sus estándares el modelo de dosis respuesta multietápico de causalidad (exponencial) en cáncer, modificado para bajas dosis de exposición.

Esta modificación deriva de consideraciones teóricas (efecto aditivo a dosis bajas) y de estudios farmacocinéticos. El modelo multietápico es respaldado por evidencia biológica y química de carcinogénesis, además de datos epidemiológicos para radiación ionizante, arsénico, aflatoxina y tabaquismo.

Sin embargo la estimación de riesgo cuantitativo para la salud humana es sólo una guía para determinar una norma primaria.

Conviene recordar que dicha estimación representa tan sólo un valor promedio de los riesgos, en un terreno de gran incerteza, propio de la exposición a bajas dosis.

La medición de estos riesgos debe, necesariamente, considerar la variabilidad entre individuos y las interacciones posibles entre exposiciones coexistentes.

Relaciones dosis respuesta

La dosis recibida puede expresarse como dosis total (adición a lo largo del tiempo) y dosis efectiva, que es aquella que en definitiva es aceptada por el órgano receptor en un momento dado y que es una buena expresión de la dosis absorbida diariamente. La dosis efectiva permite determinar los efectos escalonados, vale decir, a diferentes magnitudes de exposición efectiva. Existe relación entre la magnitud de estos daños y la cuantía de esta dosis.

La dosis total tiene mayor utilidad al momento de determinar cuáles son los efectos cuánticos asociados a la exposición y cuya ocurrencia depende de la dosis absorbida. En este tipo de efectos no existe ninguna dosis umbral por debajo de la cual no aparezca el efecto, pero la probabilidad de experimentarlo aumentará a medida que crezca la dosis.

Criterios aplicables a la fijación de normas

Un gran problema al momento de fijar normas deriva de la inconveniente extrapolación en el hombre de resultados producto de exposiciones de altas dosis a situaciones de bajas dosis, que son más características en el caso del ser humano.

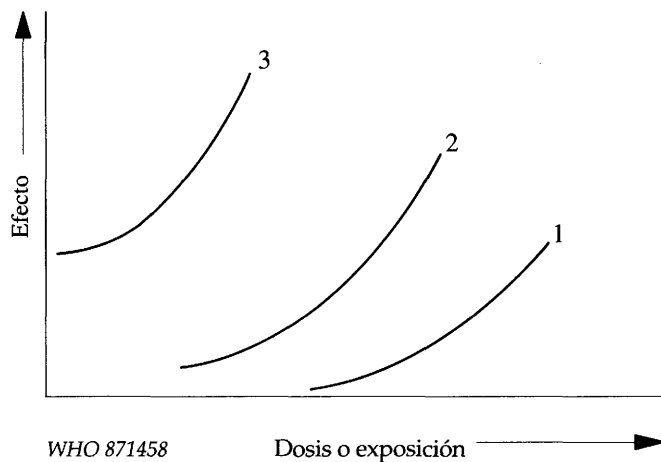
Es conveniente señalar que el llamado «umbral de insensibilidad», vale decir, aquel nivel de exposición que no determina efectos para la salud humana, está influido directamente por la sensibilidad del observador en la medición de los efectos, algunos de los cuales incluso puede desconocer. Por este motivo, es conveniente referirse a este nivel como «nivel sin efecto observado». El umbral de insensibilidad está determinado, entre otras cosas, por experimentación controlada a diferentes intensidades y/o concentraciones sobre un determinado

número de sujetos animales. Como finalmente la decisión de «no efecto» se toma a base de una subpoblación de individuos, es posible concebir la idea que la falta de efectos guarde relación con hechos tan básicos como el número de individuos que está siendo objeto de experimentación. En consecuencia, pareciera ser aconsejable adoptar una actitud cautelosa en relación al tema.

Efecto umbral

Se utilizará el siguiente Gráfico para evidenciar el problema:

GRÁFICO 1 DIFERENTES TIPOS DE CURVAS DOSIS-EFECTO INDICATIVAS DE UN UMBRAL



FUENTE: H. W. de Koning. «Establecimiento de Normas Ambientales. Pautas para la adopción de decisiones». OMS, Ginebra, 1988.

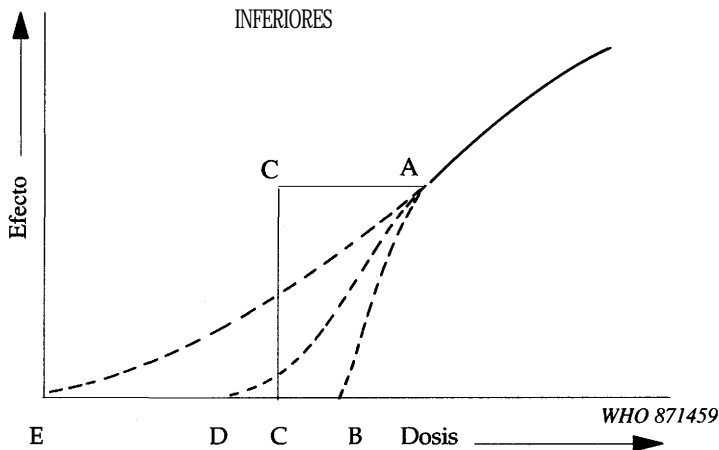
La curva 1 representa el caso más sencillo, en el que no existe riesgo hasta llegar a cierto grado de exposición, punto en el cual la curva abandona el eje de las abscisas. La curva 2 representa un caso más complejo, en el que existe una subpoblación de individuos que resulta afectado a bajos niveles de exposición. Alcanzado un nivel mayor de exposición, la curva se comporta como la curva 1. La gran mayoría de la población no resulta afectada sino hasta que se alcanza un nivel umbral.

En términos de opciones normativas, una decisión pudiera ser, respecto de la curva 1, mantener a la totalidad de la población bajo el nivel umbral. En el caso de la curva 2, dado que puede ser materialmente imposible reducir la exposición a cero, lo coherente sería tomar decisiones que se ubiquen próximas o más bajas que el criterio umbral adoptado anteriormente.

La curva 3 ofrece una situación de alta complejidad, en la cual es posible advertir que existe un núcleo de individuos que experimentará efectos sin necesitar de dosis umbral, y otro grupo en el cual sí será evidente que existe tal nivel. La dificultad para establecer cuál es este nivel umbral radica en la diferente susceptibilidad de los individuos y la heterogeneidad de la población.

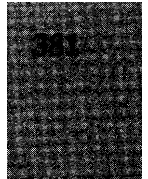
En este contexto se hace necesario introducir el término de factor de seguridad (o de incertidumbre) recurriendo al Gráfico 2.

GRÁFICO 2 CURVA EXPOSICIÓN-EFECTO INDICATIVA DE LAS DISTINTAS ESTIMACIONES POSIBLES PARA CONCENTRACIONES DE DOSIS INFERIORES



FUENTE: H. W. de Koning. «Establecimiento de Normas ambientales. Pautas para la adopción de decisiones». OMS, Ginebra, 1988.

En ella podemos apreciar cuáles son las posibilidades de extrapolación de curvas a niveles de exposición bajos (de mayor frecuencia que las grandes exposiciones a la derecha de la curva), siendo ella las curvas AB, AD y AE. Si se escoge la curva AB y se fija, por ejemplo, un nivel diario de exposición C, la gran mayoría de los individuos quedarán protegidos por la norma. Sin embargo, si la curva real es

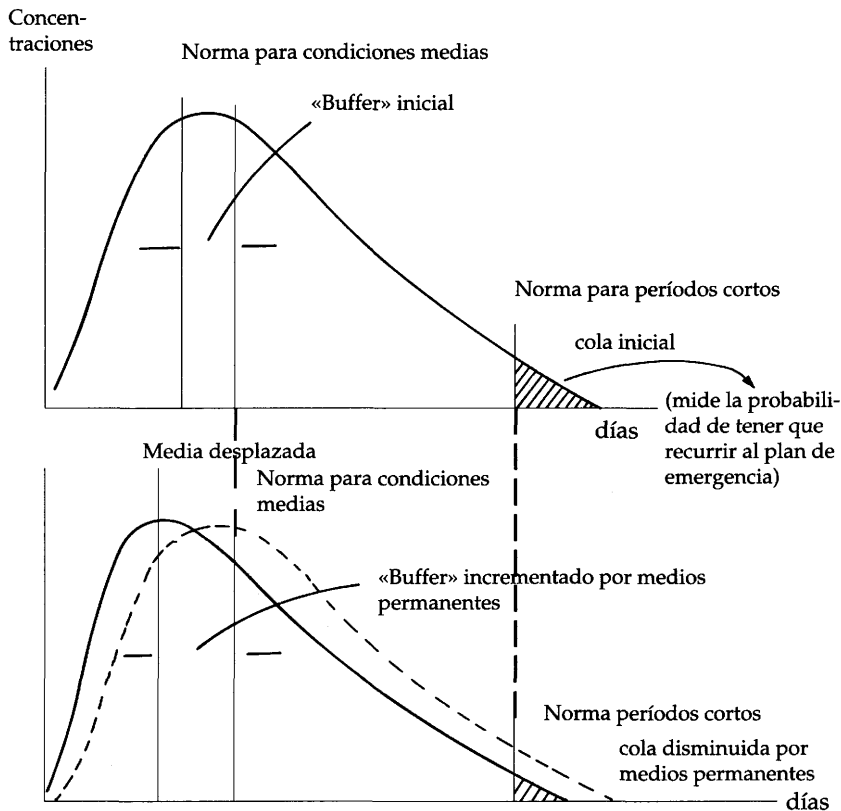


AD o AE, habrá una subpoblación de individuos a quienes la norma no logrará proteger. En general, cuando la calidad y/o la cantidad de los datos sobre dosis respuestas son abundantes, el factor de seguridad es pequeño y viceversa.

La intensidad y duración de las dosis recibidas guardan relación con los diferentes enfoques con los cuales se puede plantear una política normativa.

En el Gráfico 3 podemos apreciar el enfoque de «emergencia», el que tiende a prevenir la exposición a concentraciones altas de cortos períodos. Ello se puede lograr suprimiendo la actividad de las fuentes cada vez que la concentración de contaminantes supere un cierto nivel, lo que equivale definir un punto de corte predeterminado.

GRÁFICO 3

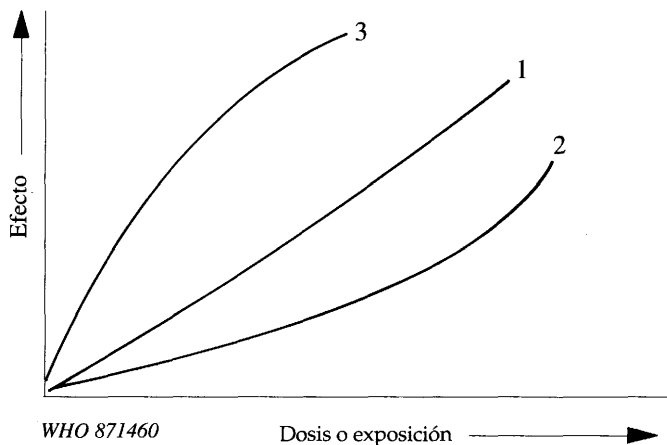


FUENTE: J. Escudero. «Algunas consideraciones sobre la contaminación ambiental». *Cuadernos Médico Sociales*, XXX (1), 1989, pp. 18-25.

En otro enfoque, llamado «de régimen» (Gráfico 3), el objetivo es limitar la concentración en forma permanente, evitando la exposición de la población a dosis bajas por períodos prolongados. En el gráfico ello equivale a desplazar la curva de probabilidades a la izquierda, disminuyendo el valor de la media y, colateralmente, disminuyendo la frecuencia de exposiciones de altas dosis.

En cuanto a efectos sin nivel umbral, ellos pueden comportarse de las siguientes maneras:

GRÁFICO 4 EJEMPLOS DE DIFERENTES TIPOS DE CURVA DOSIS-EFECTO INDICATIVA DE UMBRAL CERO



FUENTE: H. W. de Koning. «Establecimiento de Normas ambientales. Pautas para la adopción de decisiones». OMS, Ginebra, 1988.

En la curva 1 el efecto es proporcional al grado de exposición; en la 2, la curva muestra cómo disminuye la sensibilidad al bajar los niveles de exposición; finalmente, la curva 3 muestra cómo la sensibilidad se incrementa a bajos niveles de exposición. (Pendiente más pronunciada.)

El Comité de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos ha establecido cuatro principios básicos para abordar los riesgos inherentes a la toxicidad irreversible crónica o los efectos al largo plazo, aplicables fundamentalmente al riesgo de cáncer. Ellos son:



1. Los efectos en el animal, con las debidas reservas, son aplicables al hombre.
2. No hay actualmente métodos para determinar umbrales para los efectos al largo plazo de los agentes tóxicos.
3. La exposición de animales de experimentación a elevadas dosis de agentes tóxicos es un método necesario y fiable para evaluar los posibles efectos carcinogénicos en el hombre.
4. La información se debe analizar atendiendo a un criterio de riesgo humano más que al criterio de inocuidad o nocividad en otras especies animales.

El establecimiento de concentraciones máximas admisibles para carcinógenos en el aire ambiental, se basa en la determinación experimental de la probabilidad de que se produzca un efecto cancerígeno durante un período superior a la longevidad normal de los animales de laboratorio, y a la subsiguiente extrapolación al hombre, utilizando el coeficiente de reserva.

Definición de los efectos adversos para la salud

El efecto adverso o «anormal» se ha definido en términos de una medición que está fuera de la amplitud «normal». Este marco de referencia es válido para un gran número de individuos que se sitúan dentro de un margen aceptable de variabilidad en torno al promedio de la población (usualmente a dos desviaciones estándar del promedio). Sin embargo, puede existir una subpoblación de individuos que se sitúe marginalmente a estas consideraciones, en quienes la decisión final para interpretar la medición dependerá de criterios estadísticos a base de información epidemiológica (usualmente comparando con grupos testigos o controles).

Dado que los efectos adversos en la práctica se dan en toda la población y no en forma selectiva, es difícil establecer criterios definitivos en relación a los efectos, dada la gran heterogeneidad poblacional, como se ha hecho referencia. Por ello, además de un criterio puramente estadístico, pesan consideraciones biológicas particulares, dependiendo del atributo del subgrupo poblacional evaluado

(sexo, edad, estados fisiológicos normales [embarazo] o anormales [desnutrición, enfermos crónicos, etc.], etc.).

Las anteriores consideraciones no son impedimento para la utilización de estándares ambientales fijados en otros países, dado que los atributos biológicos esenciales considerados en estos estándares son similares para los diferentes grupos humanos. El escaso desarrollo de la investigación en el área ambiental en muchos países sugiere la conveniencia de adoptar los criterios internacionales en la toma de decisiones nacionales respecto del tema. Dichos criterios generales podrán ser objeto de posteriores modificaciones a la luz de una mayor capacidad de investigación en estos países.

En general, los efectos adversos son cambios que:

- a) ocurren con una exposición intermitente o continuada, dando lugar a merma de la capacidad funcional o de la capacidad de defensa del individuo.
- b) son irreversibles durante la exposición o luego de cesada ésta.
- c) aumentan la susceptibilidad del organismo a los efectos nocivos de otras influencias ambientales.

Al fijar una norma se deben definir los efectos contra los cuales se va a proteger la salud de la población. Estos pueden clasificarse jerárquicamente desde la enfermedad aguda y la muerte, hasta cambios transitorios.

La EPA y los estándares primarios de calidad del aire en EEUU.

La Environmental Protection Agency (EPA) en Estados Unidos de Norteamérica es responsable de la revisión de todos los estándares nacionales de calidad del aire en dicho país. Estos estándares representan uno de los principales objetivos ambientales de las Clean Air Acts de 1970 y 1990. Los estándares nacionales para oxidantes fotoquímicos, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, hidrocarburos, material particulado y dióxido de azufre fueron fijados el 30 de abril de 1971. La norma para el plomo fue establecida el 5 de octubre de 1978.

El proceso de fijación de estándares ha evolucionado hacia un procedimiento largo y complejo en respuesta a necesidades de mejor información en la cual basar las decisiones y el deseo de involucrar en mayor grado al público en general y a la comunidad científica en el proceso de toma de decisiones.

La ley sobre aire limpio (Clean Air Act) requiere que los estándares primarios se sitúen a un nivel que permita un margen adecuado de seguridad según la Administración juzgue adecuada para proteger la Salud Pública. Tanto el cuerpo legal como la historia legislativa en el Congreso norteamericano dejan en claro que los estándares primarios deben basarse solamente en la salud y diseñarse para proteger al grupo más sensible de individuos —pero no necesariamente a los miembros más sensibles de ese grupo— contra los efectos adversos para la salud.

Desde el punto de vista teórico, los costos en que se incurre para lograr un estándar de aire ambiental no se consideran relevantes para establecer estándares primarios. Esta interpretación ha sido apoyada en dos sentencias de los máximos tribunales norteamericanos. Sin embargo, los costos pueden ser considerados por las Agencias Gubernamentales de Control del Aire para planear estrategias de implementación costo efectivas para su logro.

Al fijar los estándares primarios para proteger la Salud Pública con un margen adecuado de seguridad, la EPA debe tomar decisiones basadas en conceptos imprecisos tales como «Salud Pública» y «adecuado margen de seguridad». El Congreso usó esos términos para definir los objetivos amplios de protección de grupos sensibles de la población y de la población como un todo, en los que se refiere a experimentar efectos adversos debidos a la exposición a contaminantes en el aire ambiental. Debe reiterarse, en todo caso, que ni la Ley de Aire Limpio ni su historia proporcionan definiciones precisas.

Para proteger la salud pública con adecuado margen de seguridad, la EPA debe determinar qué efecto o categoría de efectos van a ser considerados «adversos». La literatura científica es crucial para la identificación de los efectos adversos para la salud. Frecuentemente esta literatura no es lo suficientemente clara para establecer cuándo un efecto observado es en realidad adverso o a qué nivel de exposición dichos efectos ocurren. Por ejemplo, muchos contaminantes del aire causan una degradación temporal en la función pulmonar. Cuando esta degradación es suficientemente alta, hay poca duda que el efecto

resultante en la salud humana es adverso. Sin embargo, hay considerables desacuerdos entre los científicos respecto a cuánta degradación debe experimentar antes que su efecto pueda ser considerado adverso. Asimismo, la literatura indica que algunos contaminantes del aire causan respuestas fisiológicas o sintomáticas. En estos casos la EPA debe evaluar el potencial de esos efectos sintomáticos como indicadores de impactos más serios en la salud.

Otra área en la cual la labor de la EPA no es fácil es la identificación de grupos de población que puedan ser particularmente susceptibles a los efectos asociados a un determinado contaminante. Como se dijo, la intención sería proteger a los grupos de población más sensibles como un todo. La ciencia ha demostrado un amplio rango de respuestas a los diversos contaminantes en el interior de la población. Frecuentemente un nivel más bajo de un contaminante se necesita para proteger adecuadamente a personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, los ancianos o los muy jóvenes, en comparación con adultos normales sanos.

Al fijar estándares primarios la EPA también debe evaluar la literatura científica en cuanto a determinar a qué nivel de exposición aparecen los efectos sobre la salud. El conocimiento disponible es incompleto o contradictorio. Existe incertidumbre asociada con la extrapolación de resultados de estudios en animales a poblaciones humanas. Generalmente no ha sido posible definir en forma precisa los niveles más bajos a los cuales los efectos adversos sobre la salud humana comienzan a experimentarse.

El Congreso proporcionó una herramienta para abordar la incertidumbre antes mencionada al establecer «un adecuado margen de seguridad» en el lenguaje de la Ley de Aire Limpio. Aunque no existe una definición operacional de este margen de seguridad, su mención explícita tiene por objeto proteger contra efectos sobre la salud aún no identificados por la investigación científica o aquellos identificados pero no bien comprendidos. De esta manera, la tarea de protección va más allá de la evidencia científica disponible y requiere que la Administración tome decisiones, juiciosamente, en conjunto con la ciencia.

Perspectivas futuras

El proceso para establecer estándares ha mejorado considerablemente desde su inicio en 1971. Para lograrlo la EPA ha



incorporado técnicas de análisis de riesgo para abordar las incertidumbres no resueltas en las bases científicas disponibles. Adicionalmente se incorporan dos tipos de análisis en la toma de decisiones: la estimación de riesgo y su evaluación junto al proceso de análisis de decisiones.

Los objetivos de la estimación de riesgo son: 1. la estimación de riesgos (probabilidades) de ocurrencia de efectos adversos sobre la salud y el cálculo del número esperado de sucesos adversos específicos, basados en el estado del conocimiento a esa fecha; 2. la descripción cualitativa de la naturaleza y la severidad del evento adverso específico.

La estimación de riesgo debería cuantificar las probabilidades de que se exceda una determinada concentración de contaminante, en un tiempo dado, en relación con diferentes alternativas de estándares. Todo lo anterior vinculado a los efectos adversos sobre la salud.

El objetivo de la evaluación de riesgo y del análisis del proceso de toma de decisiones es explicitar las consecuencias y negociaciones asociadas con la selección de un estándar *versus* otro.

Gradación de los efectos de la exposición a contaminantes ambientales para la salud humana

Los efectos para la salud humana asociados a la exposición a diferentes contaminantes ambientales puede cubrir el siguiente espectro de posibles daños, en orden jerárquico:

- muerte prematura para muchos individuos
- muerte prematura de un individuo
- enfermedad aguda grave o discapacidad importante
- enfermedad debilitante crónica
- discapacidad benigna
- molestias
- cambios de comportamiento
- efectos emotivos pasajeros
- cambios fisiológicos de poca importancia

FUENTE: H. W. de Koning. «Establecimiento de Normas ambientales. Pautas para la adopción de decisiones». OMS, Ginebra, 1988; Mario Muñoz V. «La contaminación atmosférica en Santiago. Impacto sobre la salud de la población». *Estudios Públicos* 45, verano 1992, pp. 175-228, modificadas.

Se supone que toda respuesta biológica, sea cual fuere su grado de intensidad, traduce un efecto nocivo para la salud o es la expresión directa de una lesión. El establecimiento de la norma depende sustancialmente de lo que se entienda por «daño a la salud humana». En la mayoría de las normas norteamericanas se parte del supuesto que la salud no corre peligro en la medida que la exposición por sobre la norma no provoque trastornos de tal carácter y magnitud, que sobrecargue los mecanismos defensivos normales de protección del organismo. En contraste con esto en la ex URSS el concepto se vincula con el riesgo de enfermar una vez que se hayan podido detectar cambios en relación al estado de normalidad fisiológica.

En definitiva, en muchos países al fijar normas se ha tendido a rebajar los niveles admisibles a medida que se elaboran indicadores más sensibles de daño evaluables preclínica, fisiológica o bioquímicamente.

A pesar de estas limitaciones metodológicas, tanto desde una perspectiva ética, técnica, legal y, en último término, política, la tendencia debiera apuntar hacia la aceptación de una relación intensa entre contaminación y daño a la salud humana.

Por las mismas consideraciones, la fijación de estándares primarios, en relación a contaminantes debiera ser un proceso de extraordinario dinamismo y, con un grado de exigencia en relación a la fijación de normas, que se incline más hacia la protección de la salud humana sin postergar el desarrollo económico industrial de la sociedad, telón de fondo en la discusión de las normas y estándares.

Por tanto, la norma al respecto, lejos de ser ambigua (muy por el contrario, según se desprende de la experiencia norteamericana), debe ser exigente, sin que ésta caiga en excesos o preciosismos tales que frene el desarrollo productivo. Este punto, para un país como el nuestro, donde los procesos productivos todavía se orientan hacia la extracción de materia prima de carácter muy contaminante (procesos productivos primarios), parece ser el más crítico al momento de discutir la fijación de estándares, discusión incluso más importante que el hecho fundamental de proteger la salud humana.

Si a este debate se agrega el componente de fijación de estándares secundarios, el tema se complica todavía más, puesto que las normativas así vistas debieran incluso ser más exigentes que lo planteado anteriormente.



Estándares secundarios de calidad ambiental

Fabián Jaksic y F. Patricio Ojeda

Fabián Jaksic es Licenciado en Biología, Universidad de Chile. Ph. D. en Zoología, University of California-Berkeley. Certified Senior Ecologist (Ecological Society of America). Profesor titular y Jefe del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

F. *Patricio Ojeda* es Licenciado en Biología, Universidad de Chile. Ph. D. en Zoología, University of Maine. Secretario de la Sociedad de Ecología de Chile. Profesor auxiliar del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué son los estándares secundarios?

La implementación de políticas ambientales relacionadas con la protección, conservación o preservación de la flora y fauna, y su entorno ecológico (paisaje natural), resulta en la actualidad un asunto que requiere especial urgencia dado el creciente deterioro de que son objeto los ecosistemas naturales por la actividad humana. El establecimiento de estándares de calidad ambiental constituye, en este contexto, una herramienta legal que permite resguardar el patrimonio natural y la integridad de nuestros ecosistemas, así como prevenir la incidencia de alteraciones que provoquen cambios irreversibles en ellos.

Uno de los mecanismos más eficientes de control de calidad ambiental, ampliamente utilizado en países desarrollados, lo constituye el establecimiento de estándares de contaminación y sus correspondientes normas de emisión al aire, agua o suelos. Estos estándares o normas de emisión fijan la cantidad (concentración) del contaminante en una emisión o efluente que puede ser descargado por una determinada fuente en un cierto período. Su incorporación y especificación en un cuerpo legal los convierte así en un poderoso instrumento de política ambiental.

En consecuencia, la definición de lo que son los estándares de calidad ambiental requiere de un análisis cuidadoso de las implicancias de ella. Por ejemplo, podría basarse en la definición propuesta por Giaconi en este trabajo: «Se entiende por estándares primarios aquellos establecidos para proteger la salud humana con un razonable

margen de seguridad». Una modificación de esta definición para que se aplique a los demás seres vivos podría ser: «Se entiende por estándares secundarios aquellos establecidos para proteger la salud de los seres vivos (excluidos los humanos) con un razonable margen de seguridad». El cómo se protege la salud de los seres vivos es la parte capital de esta definición. A este respecto la literatura científica introduce los conceptos de conservación y preservación como formas de proteger los seres vivos.

Las medidas de conservación y preservación de especies son instrumentos orientados a proteger el componente biótico de los ecosistemas con miras a la mantención de las funciones ecosistémicas básicas (ciclos de materia y energía, biodiversidad). El criterio de «preservación», en contraste al criterio de «conservación», prohíbe la introducción de cualquier agente que modifique la condición natural (prístina) de un ecosistema, eliminando de esta manera toda posibilidad de desarrollo económico en dichas áreas. La preservación de la diversidad genética y la mantención de los procesos ecológicos y los sistemas vitales esenciales constituyen el propósito fundamental de la preservación. El criterio de conservación, sin embargo, incluye el concepto de «uso múltiple», por lo cual permite el aprovechamiento o utilización de las especies y de los ecosistemas, siempre que se tomen las providencias para asegurar que dicho aprovechamiento sea sustentable.¹

Estos conceptos no sólo están en la literatura científica sino que forman parte de la legislación chilena. La ley 18.362 del Ministerio de Agricultura,² que crea un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, en su artículo 2° define Conservación como «la gestión de utilización de la biosfera por el ser humano, de modo que se produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero asegurando su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. La conservación comprende ac-

¹ Véase IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 1986 «IUCN red list of threatened animals». IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge, x + 105 pp.; J. A. McNeely, K. R. Müller, W. V. Reid, R. A. Mittermeier y T. B. Werner. 1990. «Conserving the World's Biological Diversity». IUCN, Gland, Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and the World Bank, Washington, D. C. 193 pp.

² Véase República de Chile. 1984. Ley N° 18.362: Crea un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Ministerio de Agricultura, Santiago. Esta ley no está actualmente en vigencia.

clones destinadas a la preservación, el mantenimiento, la utilización, la restauración y el mejoramiento del ambiente natural». Asimismo, define Preservación como «la mantención de la condición original de los recursos naturales de un área silvestre, reduciendo la intervención humana a un nivel mínimo». Finalmente, define Impacto Ambiental como «la modificación de la condición y características originales de una área silvestre causada directa o indirectamente por la acción humana».

Por lo tanto, en la definición originalmente propuesta habría que ser categórico en establecer si la «salud» de los seres vivos se va a proteger por la vía de conservarla o preservarla. Además, dado que los seres vivos dependen directa o indirectamente unos de otros y del ambiente que los rodea, debiera agregarse, además, que su «salud» incluye la de los recursos de que dependen (renovabilidad de recursos tales como aire, agua, suelos, fondos) y de las funciones ecosistémicas de las que dependen y a la vez son parte (sustentabilidad del ciclaje de materia y energía, y de la biodiversidad). Por razones que se harán obvias más adelante, pensamos que una definición apropiada sería la siguiente: «Se entiende por estándares secundarios aquellos establecidos para proteger (ya sea conservar o preservar) la salud de los seres vivos no humanos, la renovabilidad de los recursos de que dependen y la sustentabilidad de las funciones de los ecosistemas de que forman parte, con un razonable margen de seguridad».

1.2. Estándares secundarios en la legislación chilena

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)³ publicó un repertorio de la legislación ambiental vigente en Chile, actualizada hasta el 21 de enero de 1992. En este repertorio se hace una descripción sucinta de los códigos, leyes, decretos con fuerza de ley, decretos leyes, decretos supremos, resoluciones, normas, tratados, convenciones, convenios, acuerdos, pactos y protocolos que dicen relación con el tema ambiental. También se entrega un índice de descriptores temáticos que permite la rápida legalización de dónde se menciona un

³ Véase CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente). 1992. «Repertorio de la legislación de relevancia ambiental vigente en Chile». Secretaría Técnica y Administrativa, CONAMA, Santiago, xix + 846 pp.

determinado concepto. Ningún descriptor temático aparece bajo «standard» o «estándar». Sin embargo, bajo el rubro de «normas secundarias» se listan seis entradas, todas referidas a sólo dos decretos supremos (D.S. N° 28, de 1991, del Ministerio de Agricultura y D.S. N° 185, de 1991, del Ministerio de Minería),⁴ ambos relacionados con la contaminación por anhídrido sulfuroso.

Lo anterior puede inducir a error. Inspección casual de otros tipos de trabajos similares, pero a nivel más sectorial, demuestran que el concepto o la intención de estándar secundario existe en diversos cuerpos legales. Por ejemplo, Lagos y colaboradores,⁵ al documentar el marco jurídico-institucional ambiental imperante para la minería, citan tres instituciones a cargo del cumplimiento de tres cuerpos legales diferentes, que obviamente tienen incidencia sobre los estándares secundarios.

A continuación hacemos una revisión selectiva de la legislación chilena atingente a los estándares secundarios de calidad ambiental. Tratamos por separado los ambientes terrestre y acuático continentales, de aquellos marinos, dadas las distintas problemáticas involucradas.

2. AMBIENTES CONTINENTALES

En este tipo de ambiente reconocemos los cuatro grandes recursos que constituyen los ecosistemas continentales: aire, agua, suelo y seres vivos.

⁴ Véase República de Chile. 1991a. Decreto Supremo N° 28: Señala los procedimientos técnicos y las normas que deberán cumplir el Estado, la Compañía Minera Disputada de Las Condes S. A. y otras fuentes emisoras, para evitar la contaminación por anhídrido sulfuroso en el área circundante a la Fundición Chagres. Ministerio de Agricultura, Santiago; República de Chile. 1991b. Decreto Supremo N° 185: Reglamenta funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico en todo el territorio de la República. Ministerio de Minería, Santiago.

⁵ G. Lagos, C. Noder y J. Solari, «La situación jurídica-institucional en el área minería y medio ambiente». CESCO y Ministerio de Minería, *Documentos de Trabajo* 1, agosto de 1991, Santiago.

2.1. Estándares secundarios para calidad del aire

El D.S. N° 28, de 1991, del Ministerio de Agricultura,⁶ siendo el primero que menciona explícitamente la palabra «norma secundaria», es bastante restringido, ya que se aplica a las operaciones de la Compañía Minera Disputada de Las Condes S. A. en su fundición de cobre Chagres. En cambio, el D.S. N° 185, de 1991, del Ministerio de Minería,⁷ es más explícito y se refiere no sólo al funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, sino también de material particulado y arsénico en todo el territorio de la república. En consecuencia, la definición de norma secundaria que se utiliza en esta sección, sigue al D.S. N° 185/1991.

En el artículo 3°, letra (1) de dicho Decreto Supremo se establece que las normas de calidad del aire «son las concentraciones ambientales máximas permisibles para anhídrido sulfuroso y para material particulado» y que «las normas secundarias tienen por objeto preservar los ecosistemas y proteger las explotaciones silvoagropecuarias». En el artículo 6° se establece que «Con el objeto de proteger las explotaciones silvoagropecuarias y de preservar los ecosistemas pertenecientes a las Áreas Silvestres Protegidas, la Comisión Interministerial establecida en el Título VII podrá proponer al Ministerio de Agricultura normas secundarias de calidad de aire para anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico, aplicables a áreas con explotación silvoagropecuaria o recursos naturales renovables». Da la impresión aquí que, al menos aquellos ecosistemas representados en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), por ningún motivo pueden ser afectados por emisiones de ciertos gases o partículas, dado que deben ser preservados. El fraseo es algo laxo en relación a si los demás ecosistemas no pertenecientes al SNASPE también deben ser preservados o sólo conservados.

Es de hacer notar que el establecimiento de las Áreas Silvestres Protegidas aún no está legalmente vigente.⁸ Pero más interesante es notar otro aspecto del artículo 6°, y es que establece diferentes normas

⁶Véase República de Chile. 1991a. *op. cit.*

⁷Véase República de Chile. 1991b. *op. cit.*

⁸Véase República de Chile. 1984. *op. cit.*

para distintas partes del territorio nacional. Desde partes de la VI Región hacia el norte se aceptan concentraciones anuales, diarias y horarias de anhídrido sulfuroso superiores a las aceptables hacia el sur.

Dado que el material particulado y el arsénico no quedan normados, en el artículo 7° se establece que «Con el objetivo establecido en el Artículo precedente, la Comisión Interministerial establecida en el Título VII de este Decreto, podrá proponer al Ministerio de Agricultura normas secundarias de calidad ambiental para material particulado sedimentable que regirá en áreas con actividad silvoagropecuaria o recursos naturales renovables que considerará: (a) Material particulado sedimentable en su concentración máxima permisible, y (b) La concentración de elementos químicos en el material particulado sedimentable como concentración máxima permisible. Esta norma, la localización de su aplicación y los procedimientos para su medición, serán establecidos por Decreto Supremo del Ministerio de Agricultura».

De hecho, así ha comenzado a ocurrir, según consta en República de Chile 1992a (Decreto Exento N° 04 del Ministerio de Agricultura). Este decreto «Establece normas de calidad del aire para material particulado sedimentable en la cuenca del río Huasco, III Región». Según consta en él, las emisiones de la Planta de Pellets de Huasco (que contienen altas concentraciones de óxidos de hierro) se sedimentan sobre el follaje de los olivos y otra vegetación en el entorno cercano, por lo que bajo mandato del D.S. N° 185/1991 corresponde establecer una norma secundaria de calidad ambiental con fines de protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables. El decreto establece valores máximos permisibles y exige la instalación de una red de monitoreo, controlada y fiscalizada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

De este análisis queda claro que las normas secundarias para aire:

- a) Se refieren a concentraciones máximas permisibles de algún elemento que puede afectar ecosistemas naturales y explotaciones silvoagropecuarias.
- b) Que su fin último es la protección de dichos recursos renovables, pero no establece si ella es para preservar o conservar los ecosistemas naturales.
- c) Que distintos ecosistemas o explotaciones silvoagropecuarias

cuarias, dependiendo de su localización geográfica, pueden estar sujetos a normas secundarias diferentes, que estudia una Comisión Interministerial y que dicta el ministerio más idóneo.

¿Qué concentraciones de qué elementos son permisibles, en qué circunstancias geográficas y qué especies van a ser protegidas, preservadas o conservadas? El D.S. N° 185/1991 le da esta potestad al Servicio Agrícola y Ganadero, y, por la vía del ejemplo, el Decreto Exento N° 04/1992, del Ministerio de Agricultura, indica que la norma fue establecida por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dependiente del Ministerio de Agricultura.

2.2. Estándares secundarios para calidad de aguas continentales

Aunque CONAMA (1992) no registra ninguna entrada bajo este acápite, dadas las definiciones de normas secundarias expuestas en la sección anterior, es obvio que las Normas Chilenas Oficiales 409/1 y 1.333 contienen elementos en esta categoría.⁹

La NCh 409/1 (1984) sobre Agua Potable puede considerarse como norma primaria. Ninguno de sus subtítulos se refiere a organismos que no sean seres humanos. Sin embargo, lo que es aceptable para seres humanos, generalmente también lo es para otros organismos (véase el siguiente párrafo).

La NCh 1.333 (1978, modificada en 1987), en cambio, explícitamente incorpora elementos que podrían ser considerados en la categoría de norma secundaria. Por ejemplo, específicamente establece que su alcance y campo de aplicación incluye «agua para la bebida de animales», «riego» y «vida acuática».

⁹ Véase Instituto Nacional de Normalización. 1978. «Norma Chilena Oficial NCh 1333 (modificada en 1987): Requisitos de calidad del agua para diferentes usos». Santiago; Instituto Nacional de Normalización. 1984. «Norma Chilena Oficial NCh 409/1: Agua potable - Parte 1: Requisitos». Santiago.

2.2.1 Agua para la bebida de animales

En lo que se refiere a requisitos del agua para bebida de animales, la NCh 1.333 establece que «Debe cumplir con la norma NCh 409/1. La autoridad competente debe determinar casos especiales».

2.2.2 Agua para riego

En el entendido que el riego es para explotaciones silvoagropecuarias, de acuerdo a lo expresado en el numeral 2.1., cualquier norma que asegure la calidad de agua que reciben cultivos de cualquier tipo, está en la práctica contribuyendo a la protección de dichos recursos renovables. Los requisitos de la norma de agua para riego definen:

- a) Los valores mínimo y máximo de pH.
- b) Los valores máximos permisibles para 26 elementos o compuestos. Aquí se puntualiza que «El Ministerio de Obras Públicas podrá autorizar valores mayores o menores para los límites máximos de cada uno de los elementos, mediante Resolución fundada en aquellos casos calificados que así los determinen.»
- c) Razón de adsorción de sodio.
- d) Conductividad específica y sólidos disueltos totales. Aquí se establecen los valores de salinidad permisibles, desde aquellos que no causan efectos perjudiciales a las plantas hasta aquellos que pueden ser tolerados sólo por pocas plantas en suelos permeables y con manejo cuidadoso.
- e) Pesticidas. La autoridad competente se debe pronunciar en el caso específico de herbicidas, pero no se considera que los insecticidas tengan efectos perniciosos sobre las aguas para riego.
- f) Requisitos bacteriológicos. Se refiere a los contenidos de coliformes fecales máximos aceptables. Estos requisitos pueden ser modificados en la práctica por el Ministerio de Salud.¹⁰

¹⁰ Véase República de Chile. 1991c. Resolución N° 3717: Incluye en Resolución N° 350 del 7 de enero 1983, del Servicio de Salud Metropolitano del Ambien-

2.2.3 Agua destinada a vida acuática

Los requisitos para aguas destinadas a vida acuática claramente están dirigidos a la protección de recursos naturales renovables, y en este sentido bien pueden configurar un estándar secundario. La norma incorpora los siguientes elementos:

- a) Características fisicoquímicas (incluyendo oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, turbiedad, temperatura, color, sólidos flotantes y sedimentables, hidrocarburos).
- b) Quistes, protozoos o huevos, cuya normativa queda en manos de la autoridad competente.
- c) Sustancias tóxicas, que deben estudiarse mediante bioensayos para cada caso específico, cuyos valores deben expresarse como LTm96 (mediana del límite de tolerancia al cabo de 96 horas de exposición), tras aplicación de los factores de seguridad que la propia norma explicita para distintos elementos tóxicos (incluidos pesticidas, metales pesados, cianuros, tóxicos no acumulativos, tóxicos acumulativos y persistentes y detergentes).
- d) Nutrientes, específicamente nitrógeno y fósforo, sobre cuyas concentraciones debe manifestarse la autoridad competente, caso a caso.
- e) Todo lo anterior se refiere a aguas continentales dulces, y la norma trata en forma aparte a las aguas que se usan para cultivo de organismos filtradores. En este caso, el agua debe además cumplir en su parte bacteriológica, con el Reglamento Sanitario de los Alimentos.¹¹

De este análisis queda claro que las normas secundarias para agua:

te, las especies vegetales que se señalan. Servicio de Salud del Ambiente, Región Metropolitana, Ministerio de Salud, Santiago.

¹¹ Véase República de Chile. 1982a. Decreto Supremo N° 60: Aprueba reglamento sanitario de alimentos. Ministerio de Salud, Santiago.

- a) Se refieren a concentraciones máximas permisibles de algún elemento que puede afectar ecosistemas acuáticos y explotaciones silvoagropecuarias.
- b) Que su fin último es la protección de dichos recursos y ecosistemas, y que a falta de especificar preservación, debiera entenderse que se refieren a la conservación de ellos.
- c) Que distintos ecosistemas o explotaciones silvoagropecuarias, aun cuando estén en distintas localizaciones geográficas, están sujetos a las mismas normas secundarias, aunque hay cierta latitud para casos específicos (por ejemplo, concentraciones de nitrógeno y fósforo).

2.3. Estándares secundarios para protección del suelo

Aparentemente, sólo el D.L. N° 3.557, de 1981, del Ministerio de Agricultura,¹² sobre protección agrícola, podría invocarse para generar reglamentación o normas de calidad de suelo.¹³ El Artículo 11 establece que los establecimientos industriales, fabriles, mineros u otros, tienen que tomar «medidas tendientes a evitar o impedir la contaminación»... por emisiones o efluentes ...cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o se causa daño a la salud, vida, integridad o desarrollo de los vegetales o animales». El Artículo 12 complementa al anterior en el sentido de establecer que los afectados por alguna fuente de contaminación podrán denunciar el hecho ante los Juzgados de Letras.

De este análisis queda claro que las normas secundarias para suelo deben establecerse caso a caso, lo cual es razonable dadas las diferentes aptitudes, potencias, composiciones y texturas de los suelos de distintas localidades.

¹² Véase República de Chile. 1981c. Decreto Ley N° 3.557: Establece disposiciones sobre protección agrícola. Ministerio de Agricultura, Santiago.

¹³ Véase R. Valenzuela, *Marco legal ambiental en Chile*. «Regulación, mercado y medio ambiente», pp. 95-134, Ediciones Mar del Plata, Santiago. 1990.

2.4. Estándares secundarios para protección de los seres vivos

La legislación actual es bastante ambigua en lo que se refiere a la protección de los seres vivos, de los recursos naturales renovables o de los ecosistemas.¹⁴ Sin embargo, hay varios aspectos que podrían incidir en la generación de estándares a este respecto. Primero, están todas las leyes que de una u otra manera hacen que ciertos organismos, animales o vegetales, sean virtualmente intocables. Segundo, están todas aquellas que por declarar intocables ciertas áreas protegen a sus habitantes silvestres. Tercero, las patologías generadas por contaminación de fauna y vegetación podrían dar cabida a la evacuación de normas específicas que prevengan dichas patologías por la vía de normar los máximos permisibles de contaminantes a que puede estar sometido un organismo durante su vida.

2.4.1 Leyes de protección de fauna

La principal ley que protege la fauna es la Ley N° 4.601 (y su correspondiente Reglamento) de 1929. La Ley de Caza¹⁵ establece periodos de veda para la caza o captura de especies de mamíferos y aves, y el Reglamento¹⁶ entrega la lista de especies que pueden cazarse o capturarse todo el año y cuáles están sujetas a veda. La Ley y su Reglamento han sufrido diversas modificaciones a través de los años.¹⁷ A fines de 1992 comenzó a regir un nuevo Reglamen-

¹⁴ Véase F. M. Jaksic, «Los inventarios de recursos naturales y su uso en las evaluaciones de impacto ambiental: el caso chileno». *Ambiente y Desarrollo* 5(2), 1989, pp. 13-24.

¹⁵ República de Chile, 1929a. Ley N° 4.601: Sobre caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago.

¹⁶ República de Chile. 1929b. Decreto N° 4.844: Reglamento de la Ley N° 4.601 sobre caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago.

¹⁷ República de Chile. 1972. Decreto N° 40: Deroga los decretos que indica y modifica en la forma que señala el reglamento de la Ley N° 4.601 sobre caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago; República de Chile. 1978c. Decreto N° 2.319: Modifica la Ley N° 4.601 sobre caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago; República de Chile. 1980a. Decreto N° 354: Modifica la Ley N° 4.601 sobre caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago.

to de la Ley de Caza,¹⁸ que introduce 23 modificaciones al anterior. Esencialmente, el nuevo Reglamento amplía el número de especies protegidas por vedas indefinidas o temporales. Los organismos fiscalizadores del cumplimiento del Reglamento son el Servicio Agrícola y Ganadero, SAG (para la fauna terrestre y acuática continental), y el Servicio Nacional de Pesca, SERNAP (para la fauna marina). La División de Protección de los Recursos Naturales Renovables (DIPROREN), dependiente del SAG, publicaba anualmente una Cartilla de Caza para información de los usuarios.¹⁹ Esta cartilla actualmente se publica bajo otro nombre (DIPROREN 1991).

Otros cuerpos legales que protegen directa o indirectamente la fauna nacional son las Convenciones Internacionales suscritas por la República de Chile. Tres de ellas son especialmente relevantes para la fauna:

- a) CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). Regula o prohíbe la comercialización de especies puestas en peligro por actividades comerciales internacionales.²⁰ Véase CITES²¹ (1985) para las especies protegidas.
- b) CMS (Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias). Protege esencialmente ciertas especies de aves que migran entre los hemisferios norte y sur.²²

¹⁸ República de Chile. 1992b. Nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601 de 1929. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago.

¹⁹ Véase por ejemplo, DIPROREN (División de Protección de los Recursos Naturales Renovables). 1983. «Cartilla para cazadores». 7a. edición. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Santiago. 112 pp.

²⁰ República de Chile. 1975. Convenio Decreto Ley N° 873: Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

²¹ CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 1985. «Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres». Elaborado conjuntamente por División de Protección de los Recursos Naturales Renovables (Servicio Agrícola y Ganadero) y Corporación Nacional Forestal, Santiago, 144 pp.

²² República de Chile. 1981a. Decreto Supremo N° 868: Promulga Convenio sobre la Conservación de Especies de la Fauna Salvaje. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

- c) RAMSAR (Convención sobre Humedales como Hábitat para Especies Acuáticas de Importancia Internacional). Protege indirectamente muchas especies de aves acuáticas a través de la defensa de la existencia de su hábitat característico.²³ Véase Schlatter y Espinosa²⁴ para un inventario de humedales chilenos.

Más detalles sobre las fechas de promulgación de las leyes y convenciones mencionadas pueden encontrarse en Jaksic (1989) y CONAMA (1992).

Aunque no tiene fuerza legal, existe la lista roja de la IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources), que clasifica en distintos grados de peligro a elementos de la fauna. IUCN (1986) incorpora varias especies chilenas en su lista roja, la que posteriormente fue complementada por CONAF (1988), que editó un libro en que se clasifica a los vertebrados chilenos de acuerdo a su estado de conservación. Las categorías usadas allí son:

- i) Extinta: Especie que sin lugar a dudas no ha sido localizada en estado silvestre en los últimos 50 años.
- ii) En Peligro: Taxon (especie o subespecie) en peligro de extinción y cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de peligro continúan operando.
- iii) Vulnerable: Taxon que se cree pasará en el futuro cercano a la categoría En Peligro si los factores causales de amenaza continúan operando.

²³ República de Chile. 1980b. Decreto Ley N° 3.485: Aprueba Convención Relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago; República de Chile. 1981b. Decreto Supremo N° 771: Promulga la Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, suscrito en Irán el 2 de febrero de 1971. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago; República de Chile. 1986e. Decreto Supremo N° 971: Promulga Protocolo para enmendar la Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

²⁴ Schlatter, R. P. y L. A. Espinosa, en Scott, D. A. y M. Carbonell (Compiladores), *A Directory of Neotropical Wetlands*. IUCN Cambridge and IWRB Slimbridge, U. K. 1986. Chile, pp. 105-131.

- iv) Rara: Taxon cuya población mundial es pequeña, que no se encuentra actualmente En Peligro, ni es Vulnerable, pero que está sujeto a cierto riesgo.
- v) Amenaza Indeterminada: Taxon respecto del cual se sabe que corresponde ya sea a la categoría En Peligro, Vulnerable o Rara, pero respecto del cual no se sabe a ciencia cierta cuál es la más apropiada.
- vi) Fuera de Peligro: Taxon que antes estuvo incluido en una de la categorías anteriores, pero que en la actualidad se considera relativamente seguro debido a la adopción de medidas efectivas de conservación o a que la amenaza que existía ha sido eliminada.
- vii) Inadecuadamente Conocida: Taxon que se supone pertenece a una de las categorías anteriores, pero respecto del cual no se tiene certeza debido a falta de información.

Fuentes complementarias que describen el estado de conservación de elementos específicos de la fauna son las de Miller y colaboradores (1983) e Marte y Jaksic (1986) para mamíferos; Schlatter (1984) para aves marinas, Jaksic y Jiménez (1986) para aves rapaces, y Rottmann y López-Callejas (1992) para aves en general.

2.4.2 Leyes de protección de vegetación

La primera ley que favoreció la protección de la vegetación fue la Ley N° 4.363, conocida como «Ley de Bosques»,²⁵ y en menor medida el D. L. N° 701, de 1974, «de fomento forestal».²⁶ Estas leyes han sufrido numerosas modificaciones a lo largo del tiempo. Sin embargo, su régimen de protección se extiende sobre formaciones forestales, no sobre especies en particular. Lo mismo vale para el SNASPE. Al respecto, hasta hace pocos años, sólo CITES (1985) incluía en su lista seis especies chilenas. CONAF (1985) acogió las categorizaciones de la IUCN, y publicó una especie de «lista

²⁵ República de Chile. 1931. Ley N° 4.363: Sobre bosques. Ministerio de Tierras y Colonización, Santiago.

²⁶ República de Chile. 1974. Decreto Ley N° 701: De fomento forestal. Ministerio de Agricultura, Santiago.

roja» para especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Al igual que el caso de la «lista roja» para la fauna, ella no tiene fuerza legal.

Sin embargo, el D.L. N° 3.557 del Ministerio de Agricultura,²⁷ sobre protección agrícola, podría invocarse para generar reglamentación o normas de calidad para vegetación. El Artículo 11 descrito antes incluye la protección de «la salud, vida, integridad o desarrollo de los vegetales o animales».

2.4.3 Leyes de protección de áreas naturales

Una ley que indirectamente protege la fauna es la Ley de Monumentos Nacionales,²⁸ que a través de establecer un régimen de protección sobre determinadas áreas denominadas Santuarios de la Naturaleza, indirectamente protege la fauna que los habitan.

La Convención de Washington (1940) abrió el camino a la creación de los Parques Nacionales, Reservas Nacionales, y Monumentos Naturales, actualmente todas englobadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), bajo tuición de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).²⁹ Desde 1925 a la fecha se han creado en Chile más de 50 Parques y Reservas Nacionales. La fauna y vegetación presentes en estas áreas silvestres son protegidas mediante normativas legales que prohíben coleccionar, cazar o atrapar cualquier tipo de organismo, así como también cualquier actividad que implique la alteración del hábitat.³⁰

²⁷ República de Chile. 1981c. Decreto Ley N° 3.557: Establece disposiciones sobre protección agrícola. Ministerio de Agricultura, Santiago.

²⁸ República de Chile. 1970. Ley N° 17.288: Sobre Monumentos Nacionales. No consigna Ministerio ni Repartición, Santiago.

²⁹ Véase República de Chile 1984, *op. cit.*

³⁰ Véanse J. Valencia, M. V. López y M. Sallaberry, «Sistemas de áreas de conservación en Chile: Proposiciones para un esquema ecológico». *Ambiente y Desarrollo* 3 (1-2), 1987, pp. 139-154 para una descripción de este sistema, y J. A. Simonetti y J. J. Armesto, «Conservation of temperate ecosystems in Chile: Coarse versus fine-filter approaches», *Revista Chilena de Historia Natural* 64, 1991, pp. 615-626 para sugerencias de investigación.

2.4.4 Toxicología

Muy pocas investigaciones han sido realizadas a este respecto en nuestro país. Destacan los estudios de Parada y colaboradores (1979),³¹ quienes detectaron que las emisiones de una planta incluían sulfuro de molibdeno (MoS_2), el que se acumulaba sobre la vegetación que consumía el ganado bovino. Este consumo producía el cuadro clínico de la molibdenosis. Parada (1981)³² detectó que el ganado vacuno afectado por molibdenosis también demostraba deficiencias en zinc, lo que atribuyó al antagonismo entre estos dos metales. Parada y colaboradores (1985)³³ estudiaron los efectos tóxicos de la acumulación de cobre en ganado vacuno, obtenido a través del consumo de pastos bajo la influencia de las emisiones de una fundición de cobre. Los altos contenidos de cobre en órganos iban también aparejados con deficiencia en zinc, con el cual compite. Parada y colaboradores (1987)³⁴ ampliaron el análisis anterior y fueron capaces de detectar concentraciones anormales de varios metales pesados (Cu, Zn y Pb) en órganos de ganado vacuno, que no se correlacionaban con los contenidos de esos metales ni en agua (que cumplía con la norma chilena) ni en suelos ni en vegetación. En realidad, se relacionaban con la sedimentación y acumulación de polvo metálico sobre la vegetación.

2.4.5 Impacto ambiental

La ley 18.362 del Ministerio de Agricultura,³⁵ define impacto ambiental como «la modificación de la condición y características originales de una área silvestre causada directa o indirecta-

³¹ R. Parada, J. Torres, L. Covarrubias y A. Rivas, «Intoxicación por molibdeno en ganado bovino en pastoreo». *Archivos de Medicina Veterinaria* 11,1979, pp. 76-79.

³² R. Parada, «Zinc deficiency in Molybdenum poisoned cattle». *Veterinary and Human Toxicology* 23,1981, pp. 16-21.

³³ R. Parada, E. Bergqvist y S. González, «Intoxicación crónica por cobre de origen industrial en bovinos de carne». *Archivos de Medicina Veterinaria* 17,1985, pp. 53-59.

³⁴ Parada, R., S. González y E. Bergqvist, «Industrial pollution with copper and other heavy metals in a beef cattle ranch». *Veterinary and Human Toxicology* 29,1987, pp. 122-126.

³⁵ Véase República de Chile 1984, *op. cit.*

mente por la acción humana». Sin embargo, esta ley no está vigente, y no viene acompañada por un reglamento que defina más claramente qué es un área silvestre, y cómo se determinan los efectos causados por acciones humanas indirectas. La nueva Ley de Bases sobre el Medio Ambiente, actualmente en trámite, analiza extensamente este tema. Sin embargo, por estar aún en proceso de aprobación y no ser de pleno conocimiento público, no creemos oportuno referirnos a sus implicancias para la protección de la flora y fauna. Jaksic (1989) hace un breve resumen sobre los contenidos de una evaluación de impacto ambiental³⁶ y Schwember (1990) entrega varios estudios de casos.³⁷

De este análisis queda claro que las normas secundarias para seres vivos no humanos:

- a) En algunos casos se refieren a concentraciones máximas permisibles de algún elemento que puede afectar ecosistemas naturales y explotaciones silvoagropecuarias. Estas normas deben ser establecidas caso a caso, probablemente mediante bioensayos toxicológicos. Por omisión se deja la cabida a adoptar normas de otros países o de comunidades u organizaciones internacionales.
- b) En algunos casos se refieren a la preservación (por ejemplo, Listas Rojas, Tratados, Convenciones) y en otros a la conservación (por ejemplo, Ley de Caza) de especies.
- c) En algunos casos se refieren a la preservación (por ejemplo, Reservas) y en otros a la conservación (por ejemplo, Parques Nacionales) de ecosistemas.

³⁶ F. M. Jaksic, «Los inventarios de recursos naturales y su uso en las evaluaciones de impacto ambiental: el caso chileno». *Ambiente y Desarrollo* 5 (2), 1989, pp. 13-24.

³⁷ Schwember, H. (Editor) «Protección del medio ambiente». Seminario AIC-Tecniberia-CEPAL, 1990. Santiago, 422 pp.

3. AMBIENTES MARINOS

Valenzuela (1975) hizo un análisis exhaustivo y crítico del ordenamiento jurídico vigente sobre las normativas de prevención de la contaminación del medio marino.³⁸ Destaca que una de las características más sobresalientes en esta materia es la notable dispersión y falta de coherencia de las disposiciones que lo integran. Esto último es ciertamente una característica común de la política ambiental en Chile.³⁹ Otra peculiaridad del ordenamiento jurídico es que las leyes y reglamentos existentes sólo asumen la protección de sus diferentes componentes en cuanto éstos ofrecen la expectativa de un beneficio concreto, siempre medido en relación con necesidades humanas inmediatas o necesidades mediatas previsibles.⁴⁰ El valor intrínseco que representan los diferentes componentes de los ecosistemas y su equilibrio ecológico global constituye un aspecto claramente desatendido en nuestra legislación.

En el caso marino se reconocen esencialmente dos grandes tipos de recursos, el agua en sí y los seres vivos que la habitan. Aunque es posible hacer el símil entre suelo terrestre y fondo marino, el grado de conocimientos en Chile sobre éste último no amerita un tratamiento aparte.

A continuación se presenta una recopilación actualizada de los estándares y normas secundarias de contaminación, y de las medidas de protección, conservación o preservación de la flora y fauna del ambiente marino chileno. Al igual que en el caso de los ambientes terrestres, nos hemos basado principalmente en análisis del repertorio de la legislación ambiental vigente en Chile (CONAMA 1992), pero además en los trabajos de Chuecas (1975), Valenzuela (1975,1979), Castilla (1981) y Boré y colaboradores (1986a, 1986b).⁴¹

³⁸ Valenzuela, R. «Elementos de una política nacional de medio ambiente marino», en F. Orrego (editor), *Preservación del medio ambiente marino*. Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile. Ediciones Universidad Técnica del Estado, pp. 225-258, Santiago. 1975.

³⁹ Véase CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente). 1992. «Repertorio de la legislación de relevancia ambiental vigente en Chile». Secretaría Técnica y Administrativa, CONAMA, Santiago, xix + 846 pp.

⁴⁰ Valenzuela, R. 1975. «Elementos de una política nacional de medio ambiente marino», *op. cit.*

⁴¹ CONAMA 1992 *op. cit.*; L. Chuecas «El petróleo como contaminante», en *Preservación del medio ambiente marino*, F. Orrego (editor), Instituto de Estudios inter-

3.1. Estándares secundarios para calidad de aguas marinas

3.1.1. Sobre la contaminación de origen doméstico

La Ley de Navegación, D.L. N° 2.222 del Ministerio de Defensa Nacional⁴² (República de Chile 1978a) en su título IX, dedicado a la prevención y regulación jurídica de los efectos sobrevinientes a la contaminación marina, constituye el texto legal más amplio, moderno y ajustado a una perspectiva ecológica adecuada del repertorio ambiental vigente en Chile.⁴³ Este decreto hace responsable a la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DGTM y MM) de hacer cumplir el artículo 142 de la Ley de Navegación, que establece la prohibición absoluta de «arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales y otras materias nocivas o peligrosas de cualquier especie que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional y en puertos, ríos y lagos». De acuerdo a estas atribuciones, la DGTM y MM promulga en septiembre de 1986 el Oficio Ordinario N° 12.600/550 que aprueba y detalla el Programa Mínimo para Estudios de Impacto Ambiental.

La Ley N° 18.129 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción⁴⁴ sobre contaminantes marinos hace responsable al Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) de la labor de fiscalizar la prohibición de «introducir directa o indirectamente en mar, ríos, lagos, o en

nacionales, Universidad de Chile, Ediciones Universidad Técnica del Estado, Santiago, 1975, pp. 71-81; R. Valenzuela, 1975, *op. cit.*; R. Valenzuela, «Políticas y legislación sobre la contaminación marina en Chile», *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur* 10, 1979, pp. 283- 326; Castilla, J. C. 1981. «Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en Chile». Comisión Permanente del Pacífico Sur, *Serie Seminarios y Estudios* 2, pp. 1-50; D. Boré, F. Pizarra y N. Cabrera. 1986a. «Diagnóstico de la contaminación marina en Chile», Tomo I. Corporación de Fomento de la Producción, Instituto de Fomento Pesquero AP 86/37, Santiago, 203 pp.; D. Boré, F. Pizarra y N. Cabrera. 1986b. «Diagnóstico de la contaminación marina en Chile», Tomo u: Anexos. Corporación de Fomento de la Producción, Instituto de Fomento Pesquero AP 86/37, Santiago, 391 pp.

⁴² República de Chile. 1978a. Decreto Ley N° 2.222: Ley de Navegación. Ministerio de Defensa Nacional, Santiago.

⁴³ Véase R. Valenzuela, 1979. «Políticas y legislación sobre la contaminación marina en Chile», *op. cit.*

⁴⁴ República de Chile. 1982b. Ley N° 18.129: Sobre contaminantes biológicos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

cualquier otro cuerpo de agua, agentes biológicos o físicos, que puedan causar alteraciones a los recursos hidrobiológicos sin que previamente hayan sido neutralizados para evitar dichas alteraciones».

3.1.2. Sobre la contaminación de origen industrial

El D.S. N° 1.340 del Ministerio de Defensa Nacional⁴⁵ hace responsable a la Dirección del Litoral y de Marina Mercante, de la fiscalización del artículo 145 del decreto que «prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, agua de relave de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento de la Autoridad Marítima respectiva...» Una disposición similar es la del DFL. N° 208 del Ministerio de Agricultura⁴⁶ sobre el fomento de las actividades pesqueras y que prohíbe arrojar al mar, ríos y lagos residuos o lavados de las industrias agrícolas, fabriles y mineras que puedan ser nocivas a la vida de los peces y mariscos, sin que previamente hayan sido purificados y diluidos; y la del D.S. N° 762 del Ministerio de Salud⁴⁷ que prohíbe la descarga de materiales contaminantes a masas de agua, sin que sean previamente sometidos a tratamiento.

La ley N° 16.391 y el D.S. N° 492, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo⁴⁸ sobre el control de residuos industriales líquidos (RIL), dicta las normas de RIL y encarga a la Dirección de Servicios Sanitarios, entre otros, la aplicación de dichas normas. La DGTM y MM en virtud

⁴⁵ República de Chile. 1941. Decreto Supremo N° 1.340: Sobre contaminación marina. Ministerio de Defensa Nacional, Santiago.

⁴⁶ República de Chile. 1953. Decreto Fuerza de Ley N° 208: Sobre fomento de las actividades pesqueras. Ministerio de Agricultura, Santiago.

⁴⁷ República de Chile. 1956. Decreto Supremo N° 762: Sobre descargas de contaminantes en aguas. Ministerio de Salud, Santiago.

⁴⁸ República de Chile. 1965. Ley N° 16.391: Sobre control de residuos líquidos industriales. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago; República de Chile. 1966. Decreto Supremo N° 492: Sobre control de residuos líquidos industriales. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago.

del D. L. N° 2.222 del Ministerio de Defensa Nacional⁴⁹ también asume atribuciones relacionadas con cautelar el cumplimiento de las prohibiciones señaladas en dicha Ley, debiendo fiscalizar, aplicar y hacer cumplir todas las normas nacionales e internacionales, presentes o futuras, sobre protección del medio ambiente marino y sancionar su contravención. Sobre esta misma materia, la ley 18.129 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción,⁵⁰ sanciona también la eliminación de residuos industriales al mar.

3.1.3. Sobre la contaminación con origen en plaguicidas

La ley 18.129 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción⁵¹ prohíbe también la introducción directa o indirecta al mar, ríos y lagos o a cualquier cuerpo de agua, de contaminantes de tipo biocidas que puedan alterar los recursos hidrobiológicos.

3.1.4. Sobre la contaminación con origen en hidrocarburos

Tanto el D. S. N° 1.340 del Ministerio de Defensa Nacional en su artículo 185,⁵² como el D.S. N° 474 del Ministerio de Relaciones Exteriores⁵³ que aprueba el Convenio Internacional de 1954 con las enmiendas y el anexo que les fueron acordados en 1962 y 1969, para prevenir la contaminación de las aguas de mar por hidrocarburos, como el D. S. N° 476 del Ministerio de Relaciones Exteriores,⁵⁴ que aprueba el Convenio Internacional sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, con sus anexos I, *Eym* de

⁴⁹ República de Chile. 1978a. Decreto Ley N° 2.222: Ley de Navegación. Ministerio de Defensa Nacional, Santiago.

⁵⁰ República de Chile. 1982b. *op. cit.*

⁵¹ *Ibidem.*

⁵² República de Chile 1941 *op. cit.*

⁵³ República de Chile. 1977b. Decreto Supremo N° 474: Aprueba Convenio Internacional para prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁵⁴ República de Chile. 1977c. Decreto Supremo N° 476: Aprueba Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por vertimiento de desechos y otras materias. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

1972, y el D. L. N° 2.222 (Ley de Navegación),⁵⁵ introducen prohibiciones al derrame de desechos de petróleo y sus derivados o residuos, en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

3.2. Estándares secundarios para protección integral del medio marino

Varias disposiciones legales vigentes incluyen medidas relacionadas con la protección integral del medio marino, no sólo contra contaminación. La aprobación por parte de Chile de declaraciones y convenios internacionales ha permitido la suscripción de varias normativas de protección del ambiente marino. El D.S. N° 432 del Ministerio de Relaciones Exteriores,⁵⁶ que aprueba los convenios entre Chile, Perú y Ecuador, concertados en la Primera Conferencia sobre explotación y conservación de las riquezas marinas del Pacífico Sur incluye, entre otras, la conservación y protección (reglamento de caza) de la ballena. El D.S. N° 361 del Ministerio de Relaciones Exteriores⁵⁷ crea el Instituto Antártico Chileno y aprueba el Tratado Antártico, el que incluye, entre otros, varias medidas de protección y conservación de los recursos vivos de la Antártida. El D.S. N° 531 del Ministerio de Relaciones Exteriores⁵⁸ aprueba la Convención para la protección de la flora y fauna y bellezas escénicas naturales de América Latina. El D.L. N° 873, de 1975,⁵⁹ aprueba la Convención sobre Comercio Internacional de especies amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, celebrada en Washington en 1973.

⁵⁵ República de Chile 1978a, *op. cit.*

⁵⁶ República de Chile. 1954. Decreto Supremo N° 432: Promulga Convenio Chile-Perú-Ecuador concertado en la Conferencia sobre explotación y conservación de riquezas marinas del Pacífico Sur. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁵⁷ República de Chile. 1961. Decreto Supremo N° 361: Crea el Instituto Antártico Chileno y aprueba Tratado Antártico. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁵⁸ República de Chile. 1967. Decreto Supremo N° 531: Aprueba Convención para la protección de la flora y fauna de América Latina. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁵⁹ República de Chile. 1975. *op. cit.*

Una de las legislaciones más amplias en materia de protección marina la constituye el D.S. N° 971 del Ministerio del Interior,⁶⁰ que aprueba la Política Marítima Nacional, que entre sus disposiciones generales contiene la de proteger la integridad del medio marino mediante el desarrollo de mecanismos, tanto para su estudio y vigilancia como para prevención y combate de los trastornos que puedan afectarlo. Entre sus objetivos sobre contaminación, este decreto incluye el de conocer los niveles de contaminación del mar de Chile y el de prevenir o evitar, controlar, analizar y evaluar los efectos en el medio marino de todo tipo de contaminantes. Asimismo, fija los objetivos y políticas respecto a Parques y Reservas Marítimas en el país.

El D.L. N° 2.442 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción,⁶¹ sobre política de protección de los recursos marinos crea la Subsecretaría de Pesca, el Consejo Nacional de Pesca y el Servicio Nacional de Pesca, instituciones que tienen como función no sólo la de promover el desarrollo del sector pesquero nacional, sino además la de la protección, conservación y aprovechamiento integral de los recursos hidrobiológicos y del ambiente marino del país.

En 1986 el Gobierno promulgó cuatro decretos del Ministerio de Relaciones Exteriores a base de acuerdos y convenios internacionales que tienen como objetivos fijar medidas para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino: el D.S. N° 296,⁶² sobre el Convenio para la protección del medio ambiente y la zona costera del Pacífico Sudeste suscrito por Chile en Lima en 1981, el D. S. N° 295,⁶³ sobre el Protocolo para la protección del Pacífico Sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres suscrito por Chile en

⁶⁰ República de Chile. 1977a. Decreto Supremo N° 971: Aprueba Política Marina Ambiental. Ministerio del Interior, Santiago.

⁶¹ República de Chile. 1978b. Ley N° 2.442: Crea Subsecretaría de Pesca y Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

⁶² República de Chile. 1986a. Decreto Supremo N° 296: Sobre la protección del medio ambiente y la zona costera del Pacífico Sudeste. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁶³ República de Chile. 1986b. Decreto Supremo N° 295: Sobre la protección del Pacífico Sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres y sus anexos. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

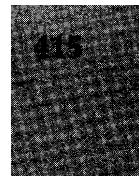
Quito en 1983, el D.L. N° 425,⁶⁴ que promulga el Acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico Sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas en casos de emergencia, suscrito en Lima en 1981, y el D.S. N° 656,⁶⁵ que promulga el Protocolo complementario del acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico Sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas, suscrito en Quito en 1984.

La Ley de Pesca y Acuicultura, D. S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción,⁶⁶ que fijó el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892 de 1989 y sus modificaciones, señala en su Título I, Artículo 1, que «a las disposiciones de esta Ley quedará sometida la preservación de los recursos hidrobiológicos...». Más específicamente, en su Título u, Artículo 3, sobre las facultades de conservación de los recursos hidrobiológicos, señala dos disposiciones de protección marina: (1) prohibición de captura temporal o permanente de especies protegidas por convenios internacionales, de los cuales Chile es parte, y (2) declaración de áreas específicas y delimitadas que se denominarán Parques Marinos, destinados a preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y cautelar áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas, como también aquellas asociadas a su hábitat. Como medida de protección de la vida y estabilidad del bentos, esta ley en su Artículo 5° establece la prohibición de actividades pesqueras extractivas con artes, aparejos y otros implementos de pesca que afecten el fondo marino en el mar territorial dentro de una franja de una milla marina.

⁶⁴ República de Chile. 1986c. Decreto Supremo N° 425: Sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico Sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas en casos de emergencia. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁶⁵ República de Chile. 1986d. Decreto Supremo N° 656: Sobre complemento del acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico Sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas en casos de emergencia. Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago.

⁶⁶ República de Chile. 1992c. Decreto Supremo N°430: Ley de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Subsecretaría de Pesca, Santiago.



3.3. Estándares secundarios para protección de los seres vivos

En la actualidad existen tres formas de protección, preservación o conservación de la fauna y flora marina chilenas:

3.3.1. Leyes de protección de fauna y flora marinas

La primera Ley de Caza (N° 4.601) fue instituida en 1929, estableciendo un periodo de veda entre el 1 de septiembre y el 31 de marzo, para permitir la reproducción de la fauna principalmente terrestre. Esta ley no sólo reglamenta la caza sino también el transporte, posesión e industrialización de animales dentro del territorio nacional. A través de los años esta ley ha ido sufriendo modificaciones mediante la promulgación de decretos específicos que reglamentan la caza o pesca de determinadas especies, de acuerdo con los antecedentes con que se ha ido disponiendo sobre la biología de las especies afectadas. Estos decretos establecen una serie de normas de protección y regulación que tienen relación con periodos de pesca, tales como vedas temporales o indefinidas, y sitios de pesca, a través de la fijación zonas con prohibición de pesca. En algunos casos y dentro de las zonas permitidas se han establecido cuotas de pesca. La primera medida de protección establecida para peces e invertebrados marinos fue el Decreto N° 1.584 de 1934.

Hasta 1978 el organismo encargado de entregar los permisos de caza y pesca fue la División de Protección Pesquera del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), dependiente del Ministerio de Agricultura. A partir de esa fecha dicha labor es realizada por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) de la Subsecretaría de Pesca, dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Este servicio regula toda la actividad pesquera del país, incluyendo las especies de peces, invertebrados/algas y mamíferos marinos (pinípedos y cetáceos).

Otros cuerpos legales que protegen la fauna o flora marina son:

- a) CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), ya descrita en la sección sobre ambientes continentales.
- b) CMS (Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias), ya descrita en la sección sobre ambientes continentales.

- c) Convención para la Conservación de Focas Antárticas. Como uno de los miembros signatarios al Tratado Antártico de 1959, Chile suscribió a este documento en Londres en 1972. A nivel internacional, la Convención protege a los pinípedos en general, y principalmente a las especies de focas antárticas, para las cuales existe prohibición de captura. Contiene un Apéndice que incluye una lista de Especies Protegidas.
- d) CBI (Comisión Ballenera Internacional). Este organismo internacional, que fue creado en 1946 y que en la actualidad agrupa a más de 40 países, tiene como objetivo el mantener el stock de cetáceos a un nivel tal que, junto con permitir su utilización (caza), asegure su persistencia como recurso. Chile ha suscrito los documentos legales de carácter internacional sobre la materia emanados por este organismo. A pesar de esto, hasta la fecha la legislación chilena no contiene disposiciones que se refieran específicamente a la protección de grandes cetáceos. En la actualidad Chile ha suscrito a la moratoria para la captura comercial de ballenas durante 10 años.
- e) CPPS (Comisión Permanente del Pacífico Sur). La Comisión, constituida por Chile, Ecuador y Perú, tiene como objetivos la adopción de medidas técnicas y científicas para la protección y desarrollo de la fauna y flora marinas en las aguas que bañan las costas de los países miembros. Con este fin, en 1952 la CPPS promulgó el «Reglamento para las faenas de caza marítima en las aguas del Pacífico Sur», el cual contempla una serie de medidas de protección de la fauna marina de esta zona.

Aunque no tienen fuerza legal, varias especies de reptiles (quelonios), aves y mamíferos marinos aparecen representados como de importancia en su conservación, ya sea en listados nacionales (CONAF 1988) o internacionales IUCN (1986).

3.3.2. Leyes de protección de áreas naturales

A través de los Parques Nacionales, Reservas Nacionales de Fauna y Monumentos Naturales, que conforman el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), se protegen indirecta-

mente algunos elementos de la fauna marina. De los 26 parques establecidos para Chile Continental (desde Arica a Puerto Montt), la gran mayoría son interiores o se encuentran en el centro de la franja territorial chilena. Sólo uno de ellos linda con una zona litoral costera (Parque Nacional «Fray Jorge» en la IV Región). Según Castilla (1976), en este caso habría un problema de «lindaje» ya que no existen provisiones escritas sobre la zona litoral o costera de dicho parque. Una situación similar ocurre con los 21 parques establecidos para la zona austral-insular de Chile (desde Chiloé al Cabo de Hornos). A pesar de que 13 de los 21 parques de esta zona tienen demarcaciones costeras o son netamente insulares, en ninguno de ellos existen lincamientos generales o particulares respecto de la zona costera o marítima propiamente tal.⁶⁷ Hasta la fecha no se ha establecido ningún Parque o Reserva Marítima en el país que conceda protección a aquellos organismos que habitan tanto en el sistema litoral propiamente tal como en el sistema sublitoral, con clara delimitación de fondos y aguas.⁶⁸ De acuerdo a estos antecedentes, los Parques y Reservas Nacionales establecidos protegerían a un grupo muy restringido de organismos marinos, entre los que se destacan las aves oceánicas, pingüinos y mamíferos pinípedos.

3.3.3. Leyes de protección de áreas de interés científico

Tres universidades han podido, mediante concesiones marítimas, establecer áreas protegidas a lo largo de nuestro litoral para propósitos científicos:⁶⁹ El Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso, para su Estación de Biología Marina de Montemar obtuvo en 1941 una concesión de sector de playa, entre la playa El Encanto por el sur y el Puente Cochea por el norte, por un total de 24.653 m² y media milla marina de aguas y fondos colindantes. La Universidad Austral de Chile obtuvo en 1978 una concesión de costa en los alrededores de su Laboratorio Costero de Mehuín en Punta Kilian con una superficie rocosa de aproximadamente 6.000 m². La Pontificia Universidad Católica de Chile obtuvo en 1986 la concesión de una franja rocosa

⁶⁷ Castilla, J. C. «Parques y reservas marítimas chilenas - Necesidad de creación, probables localizaciones y criterios básicos». *Medio Ambiente* 2, 1976, pp. 70-80.

⁶⁸ Castilla, J. C. «¿Sigue existiendo la necesidad de establecer parques y reservas marítimas en Chile?», *Ambiente y Desarrollo* 2, 1986, 53-63.

⁶⁹ *Ibidem*.

alrededor de su Estación Costera de Investigaciones Marinas localizada en Punta El Lacho, Las Cruces. Dado que estas tres concesiones tienen un objetivo netamente científico, dichas zonas se encuentran protegidas de la acción de pescadores y mariscadores.

3.3.4. Toxicología

A pesar de la existencia de una gran cantidad de trabajos científicos internacionales que documentan los efectos de contaminantes de distinto origen sobre la biota marina,⁷⁰ pocas investigaciones han sido desarrolladas en Chile a este respecto. Excepciones constituyen los estudios realizados por Silva sobre el efecto de pesticidas organoclorados en el desarrollo de los erizos rojo y negro;⁷¹ por Chiang y Núñez sobre acumulación de metales pesados en especies marinas de la V Región;⁷² por Pantoja y colaboradores sobre concentraciones de DDT en cetáceos de la costa de Chile;⁷³ por Alonso y colaboradores sobre el efecto del alto contenido de arsénico en aguas superficiales y subterráneas en los organismos marinos de la Bahía de Antofagasta;⁷⁴ por Becerra y Meza sobre los efectos del estaño orgánico en la ostra chilena;⁷⁵ por Donoso y colaboradores sobre toxicidad de mercurio inorgánico en larvas de

⁷⁰ Véase D. Boré, F. Pizarro y N. Cabrera. 1986a. «Diagnóstico de la contaminación marina en Chile», *op. cit.*

⁷¹ Silva, V. J. 1981. «Efecto de dos pesticidas organoclorados sobre el desarrollo embrionario y larval de *Tetrapygus niger* (Molina, 1782) (Echinodermata, Arbacioida, Arbaciidae) y *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata, Echinoidea, Echinidae)». Memoria de título de Biólogo Marino, Universidad de Concepción, Concepción.

⁷² Chiang, J. J. y Núñez, C. G. «Estudio comparativo sobre metales pesados, a nivel de traza, en especies marinas de la V Región». *Revista de Alimentos* 8, 1983, 23-29.

⁷³ Pantoja, S., L. Pastene, J. Becerra, M. Silva y A. Gallardo, «DDTs in Balaenopterids (Cetacea) from the Chilean coast». *Marine Pollution Bulletin* 15, 1984, 451.

⁷⁴ Alonso, H., R. Follegati, y M. Muñoz. «Arsénico en especies marinas de interés comercial en la Bahía de Antofagasta». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 21.

⁷⁵ Becerra, R. y C. G. Meza. «Efectos de estaño orgánico (tributil estaño cloro), comúnmente usado en pinturas antifouling, en la ostra chilena (*Ostrea chilensis*)». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 24.

Pagurus gaudichaudi;⁷⁶ por González y colaboradores sobre el contenido de arsénico en mariscos comerciales de la V Región;⁷⁷ por Lara y colaboradores sobre metales pesados en peces comerciales de la V Región;⁷⁸ por Muñoz y colaboradores sobre toxicidad de mercurio orgánico e inorgánico en larvas de *Callinassa uncinata*;⁷⁹ por Romero sobre letalidad aguda de mercurio inorgánico en la cholga;⁸⁰ por Boré y colaboradores sobre la presencia de metales pesados en recursos pesqueros de la in Región;⁸¹ por Ramírez sobre efectos letales provocados por diferentes concentraciones de cobre y cadmio en la fisiología del crustáceo *Idotea balthica*;⁸² y por Román y colaboradores sobre efectos crónicos y agudos producidos por el tributil estaño en *Mytilus chorus*.⁸³

Un asunto importante de destacar sobre este aspecto es que no existen estudios científicos en Chile que hayan sido realizados por

⁷⁶ Donoso, M. y L. Chuecas y H. Saelzer. «Toxicidad aguda de mercurio inorgánico en larvas de *Pagurus gaudichaudi*». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 29.

⁷⁷ González, M., W. Lara, I. Santa María y A. Ober. «Contenido de arsénico en mariscos comercializados de la V Región». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 34.

⁷⁸ Lara, W., M. González y A. Ober. «Metales pesados en pescados de la V Región». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 60.

⁷⁹ Muñoz, C., E. Saelzer y L. Chuecas. «Toxicidad de mercurio orgánico e inorgánico en larvas de *Callinassa uncinata* (Crustácea: Decapoda)». V Jornadas de Ciencias del Mar, Concepción, 1985, p. 40.

⁸⁰ Romero, A. «Letalidad aguda de mercurio inorgánico para *Aulacomyza ater* «cholga» (*Pelea/poda; Mytilidae*)». VIII Jornadas de Ciencias del Mar, Talcahuano, 1988, p. 51.

⁸¹ Boré, D., H. Robotham, R. Truenco, M. L. Fernández y J. Inda. «Evaluación preliminar de la presencia de metales pesados en recursos pesqueros de importancia comercial de la in Región de Chile». Resúmenes Simposio sobre recursos vivos y pesquerías en el Pacífico Sudeste. CPPS/FAO/IOC/UNEP/CEE. Viña del Mar, 1988, p. 86.

⁸² Ramírez, B. «Efectos letales de algunos metales pesados sobre la fisiología de un crustáceo isópodo: *Idotea balthica* Basten». X Jornadas de Ciencias del Mar, Santiago, 1990, p. 83.

⁸³ Román, G., A. Rudolph, J. Morillas y R. Ahumada. «Efectos crónicos y agudos producidos por el tributil estaño (TbSn) sobre *Mytilus chorus*». X Jornadas de Ciencias del Mar, Santiago, 1990, p. 86.

un período suficientemente prolongado como para demostrar inequívocamente los efectos de la contaminación industrial en organismos y ecosistemas marinos.⁸⁴

3.3.5. Impacto ambiental

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), incorporadas en la mayoría de las legislaciones del mundo desarrollado y actualmente con carácter de obligatorias para el financiamiento de créditos internacionales de desarrollo, constituyen una herramienta importante de política ambiental dirigida a compatibilizar los objetivos de desarrollo económico con la calidad ambiental. En este contexto, las EIA deben ser consideradas como instrumentos eficientes para la protección y resguardo del entorno ecológico. Técnicamente, las EIA tienen como principal objetivo ayudar en la definición sobre la viabilidad de proyectos de desarrollo a partir de los análisis de costo-riesgo, riesgo-beneficio y causa-efecto, a través de incorporar las consideraciones ambientales.⁸⁵

A la fecha, la legislación chilena contempla sólo una normativa de este tipo, el DGTM y MM Ordinario N° 12.600/550 de 1987, que aprueba el Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental en el Ecosistema Marino Costero. Este Oficio Ordinario exige una serie de investigaciones a escala temporal (estacional) que comprende, entre otros, estudios oceanográficos sobre el sistema de corrientes costeras del área, estudios sobre el estado de la columna de agua (sus características físicas, químicas y biológicas), y estudios bentónicos (ecológicos) y sedimentológicos (batilitológicos) del área en cuestión. Este Oficio Ordinario establece que los métodos analíticos y las técnicas de muestreo utilizados en las investigaciones requeridas deben ser los recomendados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Este cuerpo legal

⁸⁴ Castilla, J. C., «Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en Chile». Comisión Permanente del Pacífico Sur, Serie Seminarios y Estudios 2,1981, pp. 1-50.

⁸⁵ Véase D. Boré, F. Pizarro y N. Cabrera. «Diagnóstico de la contaminación marina en Chile», 1986a, *op. cit.*

entró en plena vigencia en agosto de 1992, y queda por ver cómo se complementa con los contenidos de la Ley de Bases sobre el Medio Ambiente (en trámite).

4. CONCLUSIONES

Los estándares secundarios pueden ser considerados a tres niveles: (a) aquellos que apuntan a proteger determinados elementos del ambiente (especies de animales o de plantas); (b) aquellos que protegen recursos más amplios del ambiente (aguas, suelos); (c) aquellos que protegen las funciones ecosistémicas del ambiente (ciclos de materia y energía, biodiversidad).

La legislación chilena contiene en forma dispersa elementos que permiten la protección de algunas especies (por convenios internacionales, por la vía de declararlos «monumentos naturales») y de algunos recursos (las normas de calidad de agua). Un vacío obvio es la protección de la función ecosistémica: podría afirmarse que sólo el SNASPE protege (por la vía de preservar intocadas) algunas porciones de ecosistemas en áreas silvestres. Independientemente, creemos que la mayor preocupación debiera estar dirigida a la conservación de la función ecosistémica en áreas no naturales o seminaturales, las que ya están o van a ser explotadas para sustentar nuestra creciente población y sus demandas. Las plantaciones forestales, los terrenos agrícolas o ganaderos, las explotaciones pesqueras, de acuicultura y maricultura, en la medida que no permitan la mantención de procesos ecosistémicos mínimos, llevarán al colapso inevitable de ecosistemas que ahora son productivos. Es necesario que se produzca un cambio en la percepción de que conservar significa incentivar la capacidad de desarrollar un país, antes que frenarla.⁸⁶ Este cambio de percepción debe darse a todo nivel y afortunadamente está ocurriendo, pero con una lentitud que no se com-padece con la urgencia de la tarea a enfrentar.⁸⁷

⁸⁶ Schmidheiny, S. (Editor), «Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresario para el desarrollo y el medio ambiente». Fondo de Cultura Económica, México, 1992, 419 pp.

⁸⁷ Hajek, E. R., «Medio ambiente, desarrollo y la academia». *Ambiente y Desarrollo* 3 (1-2), 1987, pp. 11-16; Jaksic, F. M., «Problemas ambientales en Chile: La visión de un ecólogo profesional» *Revista Chilena de Historia Natural* 64, 1991, pp. 7-11;

En términos concretos, creemos, es necesario:

- a) Definir exactamente qué son los estándares secundarios. Nosotros proponemos la siguiente definición: «Se entiende por estándares secundarios aquellos establecidos para proteger (ya sea conservar o preservar) la salud de los seres vivos no humanos, la renovabilidad de los recursos de que dependen y la sustentabilidad de las funciones de los ecosistemas de que forman parte, con un razonable margen de seguridad».
- b) Eliminar, a la brevedad posible, de todos los cuerpos legales la confusión que existe en el uso de los términos «conservación» y «preservación». Si la intención de un estándar o norma es conservar un recurso (para permitir su explotación sostenible) o preservar un recurso (para evitar toda forma de explotación), ello debiera estar correctamente fraseado.
- c) Establecer al menos estándares, y en lo posible normas, para todos los diferentes elementos y recursos del ambiente, tanto continentales como marinos (seres vivos, aire, agua, suelos, fondos).
- d) Considerar que las características ecológicas del país difieren mucho de una región a otra, y que los estándares y normas debieran recoger este aspecto.⁸⁸
- e) Ante la escasez de investigación toxicológica (y particularmente eco-toxicológica), debiera incentivarse este tipo de actividades por los distintos institutos del Estado (por ejemplo, INIA, IFOP) o de otros centros de investigación (por ejemplo, universidades).
- f) Ante situaciones de premura, simplemente se debieran importar estándares o normas desde otros países, comunidades u organizaciones internacionales, pero con debida consideración a sus propias (y nuestras) realidades ambientales.
- g) En lo que respecta a las funciones ecosistémicas, debe realizarse urgente investigación sobre los requisitos mínimos de

Jaksic, F. M., «The status of Ecology in Chile». *Bulletin of the Ecological Society of America* 73, 1992, pp.191-193.

⁸⁸ Véase, por ejemplo, Hajek y colaboradores 1990.

biodiversidad y ciclos de materia y energía que permiten la sustentabilidad de los diversos ecosistemas chilenos, ante distintos niveles de intervención humana.⁸⁹

- h) En relación a lo anterior, dado que la emisión de normas al respecto no tiene sentido, deben definirse lo antes posible los conceptos operacionales y las herramientas metodológicas que permitan definir cuándo y cómo (no necesariamente por qué) un ecosistema es sustentable.⁹⁰

5. AGRADECIMIENTOS

Los miembros de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos hicieron importantes aportes respecto del enfoque y contenidos de este capítulo. Leonel Sierralta y Javier Simonetti también contribuyeron con comentarios valiosos. Iván Lazo y Enrique Silva ayudaron al acopio de información.

⁸⁹ Véase, por ejemplo, Lazo y colaboradores 1990.

⁹⁰ Véase, por ejemplo, Lubchenco y colaboradores 1991.



Evaluación de riesgos para la salud: Una visión general

Elizabeth L. Anderson

Elizabeth L. Anderson es P.h.D. en Química Orgánica. Actualmente Presidenta de la Corporación Clement International, especialista en evaluación de riesgos ambientales. Tuvo a su cargo en la EPA (Environmental Protection Agency), EE.UU., el primer grupo de trabajo encargado de evaluar los riesgos cancerígenos. Es autora de publicaciones sobre evaluación de efectos en la salud de tóxicos atmosféricos, normas de calidad de agua y de aire y en la evaluación de riesgos producidos por productos químicos, pesticidas y radiación.

El proceso de evaluación y manejo de riesgos es ampliamente reconocido en los Estados Unidos como una herramienta para determinar las políticas en la toma de decisiones sobre control de los riesgos relacionados con la exposición a compuestos químicos tóxicos. Este proceso, que consta de dos etapas: primero, evaluar el riesgo, y luego decidir si debe hacerse algo al respecto y qué hacer, fue aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en 1976, cuando anunció sus pautas a seguir para la evaluación de los riesgos de cáncer.¹ Más tarde adoptaron este enfoque los comités de la Academia Nacional de Ciencias (NAS) como el proceso más apropiado para la toma de decisiones informadas en materia de políticas estatales destinadas a proteger la salud pública frente a la exposición a compuestos químicos tóxicos.² Otros comités interagencias de los Estados Unidos revisaron las bases de la evaluación de riesgos de cáncer y publicaron

¹ Véase, Agencia de Protección Ambiental (EPA), «Pautas y procedimientos provisionales para las evaluaciones de impacto económico y riesgos para la salud de sustancias sospechosas de ser carcinógenas», *Reg. Fed.* 41, 1976, pp. 21.402. R. E. Albert, R. E. Train y E. L. Anderson, «Análisis Razonado de la Agencia de Protección Ambiental para la evaluación de riesgos carcinógenos». *J. Natl. Inst. del Cáncer*; 58, 1977, pp. 1.537-1.541.

² Véase, NAS, *Riesgo y Toma de Decisiones: Perspectivas e Investigación. Comité de Riesgos y Toma de Decisiones del Consejo Nacional de Investigación*. (National Academy of Sciences Press, Washington, D.C., 1982); NAS/Consejo Nacional de Investigación (NAS/NRC), *Evaluación de Riesgos en el Gobierno Federal: Administración del Proceso*. Preparado por el Comité de Medios Institucionales para la Evaluación de Riesgos de la Salud Pública, Comisión de Ciencias de la Vida (National Academy Press, Washington, D.C.), 1983.

documentos de apoyo que concuerdan ampliamente con la más breve guía de evaluación de riesgos publicada mucho antes (1976) por la EPA.³ La EPA ha publicado actualizaciones de sus guías de evaluación de riesgos de cáncer y guías para otros efectos sobre la salud, las que son el resultado de una década de experiencia en la evaluación de riesgos de cáncer para cientos de compuestos químicos.⁴

Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos es un enfoque organizado para evaluar datos científicos que presentan muchas incertidumbres. La evaluación de riesgos procura responder dos preguntas: 1) ¿Qué probabilidades hay de que ocurra cierto hecho? y 2) Si es que ocurre ¿qué tan dañino puede ser en términos cuantitativos? Este enfoque ha sido ampliamente utilizado para estimar riesgos relacionados con una serie de actividades, como los pronósticos económicos, la seguridad en el transporte, la seguridad en la ingeniería (por ejemplo, las plantas nucleares) y la exposición a las radiaciones. Más recientemente, los enfoques de

³ Véase, Interagency Regulatory Liaison Group (IRLG). «Bases científicas para la identificación de carcinógenos potenciales y estimación de riesgos», *Revista del Instituto Nacional del Cáncer*, 63, pp. 244-268, 1979; Oficina de Políticas Científicas y Tecnológicas (OSTP), «Carcinógenos Químicos: Visión de la ciencia y sus principios relacionados», *Reg. Fed.*, 49, 1984, pp. 21.594-21.661.

⁴ Véase, EPA, «Pautas propuestas para la evaluación de riesgos de los carcinógenos», *Reg. Fed.*, 49 (227), 1984a, pp. 46.294-46.301; EPA, «Pautas propuestas para la evaluación médica de supuestos intoxicantes relacionados con el desarrollo», *Reg. Fed.*, 49, 1984b, pp. 46.324-46.331; EPA, «Pautas propuestas para la evaluación de los riesgos de mutagenicidad», *Reg. Fed.*, 49, 1984c, pp. 46.312-46.321; EPA, «Exclusiones Definitivas y Modelo Definitivo de Extensión Vertical y Horizontal (VHS)», *Reg. Fed.*, 50, 1985, p. 229; EPA, «Pautas propuestas para la evaluación de los riesgos de las mezclas químicas para la salud», *Reg. Fed.*, 50, 1985, pp. 1.170-1.176; EPA, «Programa de Preparación para Emergencias Químicas, Guía Provisoria», Washington, D.C., 1985a; EPA, «Pautas para la evaluación de riesgos de los carcinógenos», *Reg. Fed.*, 51, 1986a, p. 33.992; EPA, «Pautas para la evaluación médica de sustancias asociadas al desarrollo sospechosas de ser tóxicas», *Reg. Fed.*, 51, 1986b, p. 34.028; EPA, «Pautas para la evaluación del riesgo de mutagenicidad», *Reg. Fed.*, 51, 1986c, p. 34.006; EPA, «Pautas para estimar la exposición», *Reg. Fed.*, 51, 1986d, p. 34.042; EPA, «Pautas para la evaluación de riesgos para la salud por las mezclas químicas», *Reg. Fed.*, 51, 1986e, p. 34.014.



evaluación de riesgos se han utilizado para estimar los riesgos relacionados con la exposición a compuestos químicos tóxicos.⁵

Puede considerarse que la evaluación de riesgos por exposición a compuestos químicos tóxicos consta de cuatro etapas: 1) identificación del peligro; 2) preparación de un modelo de dosis-respuesta; 3) evaluación de la exposición, y 4) caracterización del riesgo. La etapa de identificación del peligro (o evaluación cualitativa del riesgo)⁶ responde a la primera pregunta de la evaluación de riesgos: ¿Qué posibilidades hay de que se presente un riesgo determinado? Las siguientes dos etapas, la producción de un modelo de dosis-respuesta y la evaluación de la exposición se combinan para cuantificar el riesgo relacionado con la exposición actual y la previsible. Finalmente, la fase de la caracterización del riesgo presenta, al mismo tiempo, las probabilidades cualitativas de que se produzca un peligro y, suponiendo que así sea, las estimaciones cuantitativas del riesgo.

La identificación del peligro representado por los compuestos químicos tóxicos se basa en la evaluación de todos los datos disponibles (v.gr. epidemiología, estudios biológicos en animales y estudios «in vivo» e «in vitro») para verificar el valor de las evidencias que apuntan a los potenciales efectos sobre la salud que podrían afectar a la población humana expuesta.

En ausencia de datos sobre seres humanos que permitan describir los efectos de las dosis bajas, se utilizan principalmente dos enfoques para la caracterización dosis-respuesta: uno para los efectos «umbral» y el otro para los efectos «no umbral». Las dosis referidas a las enfermedades humanas que, se piensa, son provocadas por un «mecanismo de dosis umbral», es decir, que no representan un riesgo significativo para la salud mientras no se alcance cierta dosis, generalmente se definen aplicando factores de seguridad en los niveles en los que no se han observado efectos en los estudios de ensayos biológicos en animales. Sin embargo, en lo posible, se usan datos humanos. Estos así llamados niveles seguros de exposición se denominan absorciones diarias aceptables (ADA) o dosis de referencia. Para los efectos no umbral (v.gr.

⁵Véase, EPA, 1976, *op. cit.*; R. E. Albert, *et al.*, *op. cit.*; NAS, 1982, *op. cit.*; NAS/NRC, *op. cit.*; IRLG, 1979, *op. cit.*; OSTP, 1984, *op. cit.*; EPA, 1984a,b,c,d, 1985a, 1986a,b,c,d,e, *op. cit.*

⁶Véase, EPA, 1976, 1984 a,b,c,d, 1985a, 1986 a,b,c,d,e, *op. cit.*

cáncer), que indican la posibilidad de riesgos ante cualquier exposición, los modelos de extrapolación dosis-respuesta se usan para estimar los riesgos de cáncer relacionados con exposiciones en bajas dosis sobre la base de la incidencia observada en humanos y animales expuestos a altas dosis.

Desde 1976, la evaluación cuantitativa de los riesgos ha tenido un amplio reconocimiento y aceptación en la descripción de los riesgos para la salud asociados con la exposición a compuestos químicos tóxicos. El modelo en el que con mayor frecuencia se confía para estimar el riesgo de cáncer en los niveles de exposición que están muy por debajo del rango observado es el modelo lineal de no umbral, que proporciona una estimación plausible de riesgos de cáncer en el límite superior.⁷ La naturaleza conservadora del enfoque lineal de no umbral, al igual que su inflexibilidad biológica, ha alentado a los científicos, reguladores y economistas a buscar métodos que puedan incorporar una explicación más biológica del proceso canceroso. Se ha identificado una cantidad de compuestos químicos que parecen ejercer sus efectos carcinógenos de una manera tal que la relación lineal de no umbral no sería válida en bajas dosis. Como resultado de estas dificultades, los científicos han procurado desarrollar modelos de dosis-respuesta que den cuenta de los mecanismos biológicos variables.

La atención prestada a la preparación de modelos de dosis-respuesta representa, probablemente, el más claro abandono de las prácticas de los últimos 15 años. Las agencias reguladoras han hecho un notorio esfuerzo en la búsqueda de bases biológicas para el desarrollo de estimaciones más exactas de los riesgos que se espera ocurran a niveles de exposición ambientales. Este esfuerzo representa un enfoque substancialmente diferente de la aplicación de fórmulas empíricas para estimar las respuestas a bajas dosis a partir de datos a altas dosis; en lugar de ello, la atención se centra en la importancia de los datos obtenidos por la investigación que puedan servir de guía en los esfuerzos para preparar modelos de bajas dosis. Tal enfoque proporciona, como mínimo, una indicación del grado en el que los «límites superiores plausi-

⁷ Véase, E. L. Anderson y el Grupo de Evaluación de Carcinógenos (CAG) de la Agencia de Protección Ambiental. «Enfoques cuantitativos actuales para la evaluación del riesgo de cáncer», *Análisis de Riesgos*, 3, 1983, pp. 277-295; EPA, 1984a. *Op. cit.*, ARLG, 1979, *op. cit.*, OSTP, 1984, *op. cit.*



bles» pueden estar sobreestimando el riesgo para determinados compuestos químicos. Los primeros esfuerzos para definir estimaciones más exactas de los riesgos se iniciaron en la EPA a comienzos de 1985, y han culminado con el desarrollo de un enfoque genérico que utiliza un modelo de dos etapas. Este modelo adapta las observaciones clínicas de Moolgavkar y Knudson⁸ a los parámetros correspondientes a la exposición a compuestos químicos tóxicos. Comenzó la investigación el Foro de Evaluación de Riesgos de la EPA, y finalmente se publicó en el *Journal of Risk Analysis* a comienzos de 1987?

La EPA ha propuesto dos importantes decisiones dentro de la línea que tiende a un menor conservadurismo en la preparación de modelos de dosis-respuesta. Por ejemplo, el Foro de Evaluación de Riesgos ha recomendado disminuir la potencia de la ingestión de arsénico en aproximadamente un orden de magnitud¹⁰ basado en las modificaciones de la metodología de cálculo dosis-respuesta y en mejores estimaciones de la exposición examinada en los estudios epidemiológicos que fueron tomados como base para la evaluación. Posteriormente se ha pensado en reducir la potencia del arsénico por ingestión en otro orden más de magnitud para demostrar el hecho de que el cáncer a la piel causado por la ingestión de arsénico es menos letal que el cáncer al pulmón provocado por inhalación. Esto lleva a plantear el problema de si deberían o no considerarse la recuperabilidad, la sobrevivencia y la gravedad como parte rutinaria en el proceso de evaluación de riesgos y, en especial, en la evaluación de la potencia.

La EPA se está preparando para reevaluar su enfoque en la evaluación de los efectos tóxicos de la dioxina. En octubre de 1991 se realizó una reunión pública sobre la Reevaluación Científica de la Dioxina

⁸ Véase, S. H. Moolgavkar y A. G. Knudson, «Mutación y Cáncer. Un modelo para la carcinogénesis humana», *Revista del Instituto Nacional del Cáncer*; 66,1981, p. 1.037.

⁹ Véase, T. W. Thorslund, *et al.* «Modelo Cuantitativo para la Actividad Promotora de Tumores del 2,3,7,8-TCDD». (Presentado en el Séptimo Simposio Internacional de Dioxinas Cloradas y Compuestos Relacionados, 1987b, Las Vegas, Nevada, 4 al 9 de octubre de 1987).

¹⁰ Véase, T. Levine, A. Rispin, C. S. Scott, W. Marcus, C. Chen, H. Libb, «Informe Especial sobre el Arsénico Inorgánico Ingerido: el Cáncer a la Piel; Esencialidad Nutricional». Borrador para la Revista del Comité Científico Asesor de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. 1987.

por la EPA.¹¹ Una de las principales tareas de la reevaluación es el desarrollo de un nuevo modelo de dosis-respuesta, de base biológica, fundamentado en los actuales conocimientos sobre la toxicidad de la dioxina.

El modelo de dos etapas de la carcinogénesis ha sido aplicado también a varios otros compuestos químicos de efectos similares. Por ejemplo, el modelo también se ha aplicado al clordano, al heptacloro y al cloruro de metileno. Mientras los mecanismos difieren en cada caso, los resultados del modelo suelen indicar varios órdenes de magnitud de menor potencia a menor dosis que los pronosticados por el modelo lineal de no umbral en los «límites superiores plausibles».

Aplicaciones adicionales del modelo biológico han incorporado los compuestos orgánicos policíclicos. En prácticas anteriores se ha usado la potencia del benzo(a)pireno como unidad de equivalencia para todos los otros compuestos orgánicos policíclicos potencialmente carcinógenos, lo que llevó a una alta sobreestimación del riesgo. Esta práctica continúa, a pesar de que se han desarrollado métodos de potencia comparativa para otras clases de compuestos químicos, tales como las dioxinas. Al tomarse en conjunto, varios estudios de laboratorio proporcionan una base más substancial para desarrollar un enfoque de potencia comparativa para los PAH.¹² Además, se ha reevaluado la forma de la curva de dosis-respuesta para el mismo benzo(a)pireno, el que es un agente genotóxico, como lo indica una tasa lineal de formación de aducción del ADN que iguala a la de la exposición. Sin embargo, los datos de dosis-respuesta del tumor no concuerdan con la formación de aducción del ADN, pero parecen conformar una ecuación de segundo grado, que indica que los dos hechos son probablemente necesarios para inducir una respuesta. La estimación inicial de la EPA sobre la potencia del cáncer para el benzo(a)pireno no refleja esta relación. Se ha usado el enfoque de potencia comparativa para otros compuestos policíclicos, junto con una curva de dosis-respuesta revisada del

¹¹ Véase EPA, «Reunión pública sobre la evaluación científica de la dioxina por EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.», *Reg. Fed.*, 56,1991. Pp.50.903-50.904.

¹² Véase T. W. Thorslund, C. C. Brown y G. Chamley, «El uso de modelos matemáticos biológicamente motivados para predecir el riesgo real de cáncer asociado con la exposición ambiental a un carcinógeno», *l. Risk Anal.*, 7,1987a, pp. 109-119.



benzo(a)pireno, para predecir con exactitud la evolución de tumores en ensayos biológicos de mezclas químicas, lo cual no es posible si se usan las estimaciones de límite superior.¹³

El benceno es otro producto químico que puede necesitar dos hechos para producir un cáncer. Las actuales investigaciones de los datos mecánicos indican que el benceno causa daños en los cromosomas, lo que, según se cree, es responsable de la destrucción y reordenamiento cromosómico observado en los enfermos de leucemia. Esta relación implica que, aunque la linealidad puede establecer un límite superior plausible en el riesgo de leucemia humana provocada por la exposición al benceno, una relación cuadrática puede ser más apropiada para estimar el riesgo real. Si éste es el caso, el riesgo de la exposición a bajas dosis de benceno sería considerablemente menor que el estimado anteriormente.¹⁴

Se están realizando otros importantes esfuerzos para modelar los datos farmacodinéticos que describen la trayectoria que sigue un compuesto químico tóxico a través del cuerpo para depositar el carcinógeno activo en el órgano destinatario, que como respuesta desarrolla el cáncer. Los modelos anteriores de cáncer suponían que la exposición o algún ajuste de la exposición real según la ingestión o absorción a través de la piel, el tracto gastrointestinal o los pulmones constituían en sí la dosis activa. Los actuales esfuerzos han contribuido a realizar importantes progresos hacia la descripción de la dosis real de carcinógeno químico activo que es depositada en el tejido destinatario.¹⁵

¹³ *Ibidem*.

¹⁴ Véase, P. E. Voytek y T. W. Thorslund, «Evaluación de riesgos del benceno: Estado de la cuantificación de los riesgos de leucemia asociados con la inhalación de benceno a bajas dosis», *Análisis de Riesgos*, 11,1991, pp. 355-357.

¹⁵ Véase, M. E. Andersen, M. L. Cargas, R. A. Jones y L. J. Jenkins Jr., «Determinación de las constantes cinéticas para el metabolismo de los tóxicos inhalados *in vivo* usando mediciones de absorción de gases», *Lexicología y Farmacología Aplicada*, 54,1980, pp. 100-116; M. E. Andersen, «Una descripción toxicocinética con base fisiológica del metabolismo de gases y vapores inhalados. Análisis en condición estable», *Toxicología y Farmacología Aplicada*, 60, 1981a, pp. 509-526; M. E. Andersen, «El metabolismo saturable y su relación con la toxicidad», *CRC Crit. Rev. Toxicol.*, 9,1981b, pp. 105-150; M. E. Andersen, M. L. Cargas, y J. C. Ramsey, «Farmacocinética de la inhalación. Evaluación de la extracción sistémica, metabolismo total *in vivo*, tiempo del proceso de inducción enzimática para el estireno inhalado en ratas, en base a la sangre arterial: Tasas de concentración en el aire inhalado», *Toxicología y Farmacología Aplicada*, 73,1984, pp. 176-187.

Igualmente importante es el hecho de que las tendencias en el estudio de la evaluación de la exposición también llevan a mejorar las estimaciones de la exposición de la población, lo cual proporciona mejores bases para la exposición actual y futura. Las prácticas tradicionales se han limitado generalmente al uso de modelos genéricos para describir las exposiciones en las poblaciones humanas. La EPA ha desarrollado modelos de dispersión generalizada para describir el arrastre cólico y modelos similares de dispersión generalizada para las aguas superficiales y subterráneas. El resultado general de estos modelos de dispersión ha consistido en proporcionar estimaciones conservadoras de exposición.

El uso de modelos generalizados proporciona un enfoque práctico para la estimación de la exposición que realizan extensamente las agencias reguladoras, ya que sería muy poco práctico que una agencia nacional evaluara parámetros específicos por zona para cada foco. Para los casos importantes, sin embargo, es posible estimar los parámetros reales que pueden perfeccionar las estimaciones obtenidas a través de los modelos genéricos. Un ejemplo es la evaluación de riesgos de la EPA para la fundición ASARCO en Tacoma, Washington.¹⁶ El empleo de modelos de dispersión generalizados que usan el modelo de exposición humana (HEM) (que supone un terreno plano, una población inmóvil y toma los datos meteorológicos obtenidos en la estación más próxima), al combinarse con la curva de dosis-respuesta, permitió estimar un riesgo máximo individual de 1×10^{-1} para la población residente cerca de la fundición. Posteriormente se llevó a cabo un estudio local, que hizo posible el uso de varios supuestos específicos para la zona, como una descripción más exacta del terreno real, los datos meteorológicos locales y una mejor información acerca de las emanaciones. Esto dio como resultado una evaluación más baja de la exposición y un menor riesgo general en torno a un orden de magnitud. Esto hizo que el riesgo se ubicara en un alineamiento más cercano con los limitados datos de control disponibles acerca del aire ambiental.

Se ha observado el mismo fenómeno al comparar las estimaciones en las que se usan los modelos de dispersión generalizada para el agua subterránea con las estimaciones basadas en parámetros

¹⁶ Véase, D. Patrick y W. D. Peters, «Evaluación de la exposición al establecer regulaciones sobre polución atmosférica: ASARCO, Tacoma, un estudio de caso», Presentado en la reunión anual de la Sociedad de Análisis de Riesgos, Washington D.C., 1985.



locales específicos. Por ejemplo, en el Gráfico 1, el modelo de dispersión generalizada y el modelo de dispersión horizontal vertical (VHS) que usa los valores EPA predefinidos, sobreestima el factor de riesgo en 5,7 veces si se compara con los resultados de la ecuación más compleja que incluye los valores medidos en el foco.¹⁷ Las consideraciones de biodisponibilidad también han agudizado las estimaciones de la exposición al riesgo y han bajado los resultados de la evaluación de riesgos en varios órdenes de magnitud, y, por consiguiente, la evaluación cuantitativa de los riesgos. Por ejemplo, originalmente se supuso que la dioxina era biológicamente disponible en un 100% en el suelo. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que está disponible sólo parcialmente y depende en un 0,5 a un 85% del tipo de suelo.¹⁸ En la práctica, nuestra experiencia indica que la dioxina está disponible, sobre todo en el rango de 15 a 50%. Originalmente también se supuso que la dioxina de las cenizas volátiles estaba disponible en un 100%. Estudios recientes han demostrado que no es así, sino que está biológicamente disponible entre un 0,1% y un 0,001%.¹⁹ El tema de la biodisponibilidad actualmente es materia de investigación en muchas situaciones diferentes donde la disponibilidad en el suelo y en las cenizas volátiles es importante para los resultados de la evaluación de la exposición. Otras consideraciones que tienden a bajar la evaluación de la exposición pueden provenir de la hidrogeología de una zona. Por ejemplo, los trabajos en terreno en California indicaron un riesgo de por vida, «en el límite superior», relacionado con la ingestión de agua que contenía tricloetileno (TCE) de una fuente (Gráfico 2). Este nivel se asocia a un riesgo de estar expuesto a beber agua de la fuente contaminada durante los setenta años de vida de una persona. El Escenario 2 del Gráfico 2 describe la disminución del riesgo en relación con los modelos hidrogeológicos aplicados en el lugar; el modelo supone que se ha eliminado la fuente de contaminación. En los Cuadros 1 y 2 se presentan los datos de control del pozo, como también la comparación de riesgos en el tiempo dada la capacidad de modelar el área. En estas circunstancias específicas, las acciones correctivas en estudio tendrían un costo del rango de

¹⁷ Véase, P. A. Domenico y V. V. Palciauskas, «Límites Alternativos en el Manejo de los Desechos Sólidos», *Groundwater*, 20, 1982, p. 303; EPA, 1985, *op al.*

¹⁸ Véase, Umbreit, *et al.*, 1986.

¹⁹ Véase, Van den Berg, *et al.*, 1986.

GRÁFICO 1

- (1) Modelo VHS que usa una ecuación simple, valores EPA predefinidos

$$\frac{C}{C_o} = \text{erf} \left(\frac{Z}{2(DY)^{0.5}} \right) \text{erf} \left(\frac{X}{4(DY)^{0.5}} \right)$$

$$= 0,34$$

- (2) Modelo VHS que usa una ecuación compuesta, valores locales medidos

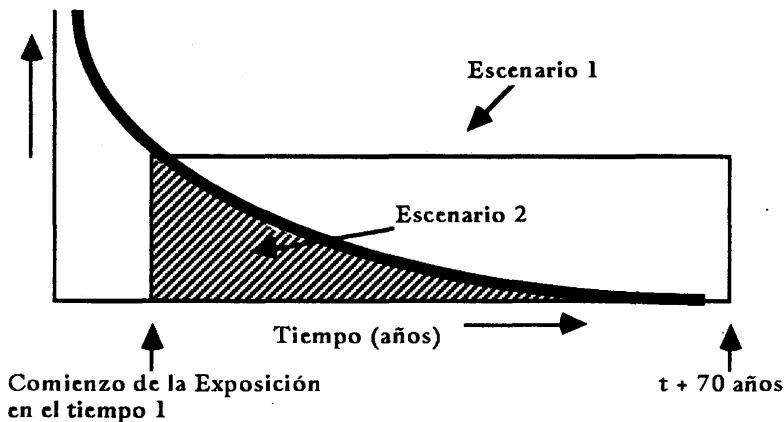
$$\frac{C}{C_o} = \frac{1}{4} \left(\text{erf} \left[\frac{z+Z}{2(D_zY)^{0.5}} \right] - \text{erf} \left[\frac{z-Z}{2(D_zY)^{0.5}} \right] \right)$$

$$* \left(\text{erf} \left[\frac{x+X/2}{2(D_xY)^{0.5}} \right] - \text{erf} \left[\frac{x-X/2}{2(D_xY)^{0.5}} \right] \right)$$

$$= 0,06$$

GRÁFICO 2

Concentración de contaminante



El escenario 1 supone una declinación en los niveles de contaminante hasta el comienzo del consumo y luego un período de una vida humana sometido a exposición con una concentración constante del contaminante. El escenario 2 supone una declinación en los niveles del contaminante antes y durante el período de exposición.



un millón de dólares y su instalación demoraría varios meses. Si los modelos hidrogeológicos son correctos, el riesgo teórico podría bajar considerablemente en el primer período de 18 meses, dada la natural capacidad de la hidrogeología del área para eliminar la contaminación. Sin embargo, es necesario tomar precauciones al suponer que se ha eliminado la fuente, porque publicaciones recientes indican que en algunas circunstancias algunos compuestos químicos pueden quedar atrapados en los microporos del suelo y de esta manera se produce una emisión lenta y difusa.²⁰

Si bien la mejora de la información científica disponible para la evaluación específica de riesgos en terreno tiende a bajar el resultado general de la evaluación de la exposición a riesgos y por consiguiente la evaluación de riesgos, hay excepciones importantes. Por ejemplo, en un trabajo dedicado a los riesgos relacionados con la inhalación de sustancias químicas orgánicas volátiles al beber agua contaminada durante la ducha, Foster y Chrostowski²¹ indican que nada menos que la mitad o más del riesgo total para el cuerpo podía estar relacionado con la exposición por la ducha misma, más que con el hecho de beber durante la exposición al agua. Además, el reciente mejoramiento de los métodos para modelar la deposición real de material particulado proveniente de fuentes estacionarias tiende a aumentar el riesgo, en comparación con los modelos anteriores de transporte aéreo de EPA, que suponían que tanto las partículas grandes como las pequeñas rebotaban desde la superficie de la Tierra en forma muy similar y eran transportadas por aire desde el foco. Los modelos más recientes toman en cuenta que las partículas pequeñas se depositan en la superficie y no son tan fáciles de transportar.²² Además, una mayor atención a las transformaciones químicas puede tender a aumentar o

²⁰ Véase B. L. Sawhney, J. J. Pignatello y S. M. Steinberg, «Determinación del 1,2-dibromoetano (EDB) en suelos de terreno: Implicaciones para los compuestos orgánicos volátiles», *J. Environ. Qual.*, 17, 1988, p. 149.

²¹ Véase S. Foster y P. Chrostowski, «Exposición a la inhalación de contaminantes orgánicos volátiles en la ducha», Presentado en la 80ª reunión anual de la Asociación para el Control de la Polución Atmosférica, Nueva York, 21 de junio, 1987.

²² Véase G. A. Sehmel y W. H. Hodgson, «Un Modelo para Predecir la Deposición Seca de Partículas y Gases en las Superficies Ambientales», Preparado para el Departamento de Energía de los EE.UU. por el Pacific Northwest Laboratory, PNL-SA-6271-REV1, octubre, 1979.

disminuir el riesgo; por ejemplo, el tricloroetileno se transforma bajo condiciones anaeróbicas en cloruro de vinilo, el que tiene un mayor valor potencial por ingestión que el tricloroetileno.²³ El reconocimiento de esta conversión aumenta la evaluación del riesgo total para eventos evaluados por estos métodos.

Numerosos otros tipos de refinamientos están siendo incorporados en el proceso de evaluación de exposiciones, por ejemplo, el uso de información biológica como ayuda a la estimación de exposiciones, mejores descripciones del tipo de vida de una subpoblación humana, el uso de métodos estadísticos para describir la exposición posible bajo límites detectables y el uso de información farmacocinética para describir la dosis actual a un tejido objetivo. Estos desarrollos se basan en el avance de las investigaciones en diferentes disciplinas para su uso en consideraciones prácticas de exposición humana.

CUADRO 1 DATOS DE MONITOREO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Pozo N°	Fecha del Muestreo	TCE mg/1	Promedio del pozo TCE mg/1
1	1/1/85	0,100	0,124
	20/1/85	0,144	
	2/2/85	0,127	
2	1/1/85	<0,005	1,27
	20/1/85	1,10	
	2/2/85	1,98	
3	2/8/85	2,00	0,003
	1/1/85	<0,005	
4	2/2/85	<0,001	0,68
	1/1/85	0,005	
5	2/2/85	0,080	0,36
	20/1/85	0,210	
6	2/285	0,177	0,194
	1/1/85	0,510	
7	8/2/85	1,40	0,96
	20/1/85	0,160	
8	2/2/85	0,305	0,23
	1/1/85	0,070	
8	8/2/85	<0,005	0,04

²³ Véase, P. V. Cline y D. R. Viste, «Patrones de Migración y Degradación de los Compuestos Orgánicos Volátiles», Actas de la Conferencia Nacional sobre los

CUADRO 2 COMPARACIÓN DE RIESGOS

Tiempo desde el comienzo de la exposición (años)	TCE al comienzo de la exposición [mg/l]	Riesgo de cáncer en el límite máximo en un período de vida	
		Escenario 1	Escenario 2
1	0,36	$1,1 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-6}$
2	0,23	$7,1 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-6}$
3	0,14	$4,5 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-6}$
4	0,09	$2,8 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-7}$
5	0,06	$1,8 \times 10^{-5}$	
6	0,04	$1,1 \times 10^{-5}$	
7	0,02	$7,2 \times 10^{-6}$	
8	0,01	$4,6 \times 10^{-6}$	
9	0,009	$2,9 \times 10^{-6}$	
10	0,006	$1,8 \times 10^{-6}$	
	0,004	$1,1 \times 10^{-6}$	

Manejo de riesgos

La evaluación de riesgos, realizada como una etapa separada de la decisión de manejo de riesgos, asegura que los supuestos necesarios para enfrentar las incertidumbres científicas en el proceso de la evaluación de riesgos no se vean sesgados por el resultado deseado del manejo de riesgos.²⁴

Entre los factores considerados al decidir cuánto riesgo para la salud es aceptable, se incluyen inevitablemente consideraciones de beneficios y costos sociales, costos económicos asociados con las medidas de control y la tecnología de que se dispone para el control. El valor relativo asignado a cada uno de estos factores varía según las diferentes regulaciones ambientales de los Estados Unidos. Por ejemplo, el Acta de Aire Limpio pide el establecimiento de normas nacionales de calidad del aire ambiental, basadas únicamente en la protección de la salud, sin

Vertederos no Controlados de Desechos Peligrosos», 1984, pp. 217; F. Parsons, P. R. Wood y J. DeMarco, «Transformación del tetracloroetano y del tricloroetano en los microcosmos y el agua subterránea», *Res. Technol.* 1984, p. 56.

²⁴Véase, EPA, 1976; NAS 1982, 1983, *op. cit.*

tomar en cuenta las consideraciones económicas o sociales (v.gr. normas para los óxidos de *azufre*, los óxidos de nitrógeno y el plomo). El Acta Federal de Insecticidas, Fungicidas y Raticidas (FIFRA) reclama un equilibrio entre los riesgos y los beneficios en el uso de estos elementos, y el Acta del Agua Potable demanda que las normas definitivas y los niveles máximos de contaminación (MCLs) se establezcan sobre la base de la factibilidad del control. El papel de la evaluación de riesgos en el proceso del manejo de riesgos varía, por lo tanto, de acuerdo con las diferentes restricciones legales y las circunstancias prácticas.

Aplicaciones de la evaluación de riesgos en la toma de decisiones de políticas públicas

Es común en todas las evaluaciones de riesgos la adopción de un enfoque organizado frente a las incertidumbres y la formulación de proyecciones lo más realistas posible como base para las decisiones de manejo. La mayor parte de la experiencia con enfoques de evaluación de riesgos en la protección de la salud pública se ha obtenido en las áreas de la radiación y de la carcinogénesis química. Ciertamente, estos mismos enfoques son utilizables y están siendo aplicados a otros tipos de datos de efectos sobre la salud. Por ejemplo, para los efectos tóxicos agudos que requieren de medidas rápidas, en el caso de emanaciones accidentales, los enfoques de evaluación de riesgos pueden usarse para identificar los correspondientes efectos preocupantes sobre la salud y la dosis del caso. Si se combina esta información con los parámetros físicos y químicos, puede definirse el área en torno de la zona del accidente que debe ser evacuada.²⁵

En el área ecológica existe una necesidad urgente de pautas confiables en la evaluación de riesgos para obtener enfoques más organizados, que permitan evaluar estos datos con el fin de guiar las tomas de decisiones nacionales e internacionales en un gran número de problemas, tales como la lluvia ácida.²⁶

²⁵ Véase, EPA, 1985b, *op. cit.*

²⁶ Véase, ÑAS, «Conocimientos Ecológicos y Solución de los Problemas Ambientales: Conceptos y Estudio *de Casos*», Comité de Riesgos y Toma de Decisiones del Consejo Nacional de Investigación, National Academy of Sciences Press, Washington D.C., 1986.

Aplicaciones con énfasis en la carcinogénesis

La evaluación cuantitativa de riesgos, junto con la evaluación cualitativa de la evidencia biomédica, ha sido usada en cinco situaciones distintas en los Estados Unidos: para definir las políticas públicas de prioridades; para analizar el riesgo residual después de la aplicación de la mejor tecnología disponible; para verificar si hay algo más que pueda hacerse al respecto; para comparar los riesgos con los beneficios; para establecer normas y niveles objetivo de riesgo y para proporcionar información sobre la urgencia de aquellas situaciones en que subgrupos de la población están sometidos sin saberlo a exposiciones de agentes tóxicos, v.gr. las poblaciones cercanas a vertederos no controlados. Más adelante se examinan varios ejemplos.

Establecimiento de prioridades

Conforme a las disposiciones del Acta de Aire Limpio, la EPA debe confeccionar una lista de los contaminantes atmosféricos peligrosos y regular las fuentes de tales contaminantes según sea necesario. De manera de poder establecer prioridades para analizar cientos de agentes que pueden ser potenciales contaminantes atmosféricos, la Oficina de Programas Atmosféricos de la EPA identificó tres grupos de compuestos químicos potencialmente tóxicos, cuya presencia en el aire en niveles preocupantes se sospechaba debido a sus patrones de uso (Cuadros 3 y 4). Se dio prioridad principal al Grupo I para efectuar acuciosas evaluaciones de salud, luego al Grupo II y finalmente al Grupo III. Estas prioridades reflejan la opinión de la Oficina de Programas Atmosféricos respecto de estos compuestos químicos que, teniendo como base la información preliminar sobre probable exposición y posible toxicidad, podrían representar el mayor peligro para los seres humanos por contaminación atmosférica. El Grupo de Evaluación de Carcinógenos (GEC), uno de los subgrupos de salud de la Oficina de Evaluación Ambiental y de Salud de la EPA, presentó un informe con evidencias cualitativas de mucho valor y un índice de potencia de sustancias químicas seleccionadas de los Grupos I y II. El índice de potencia se expresa como una estimación de riesgos unitarios de límite superior, donde la estimación de riesgo unitario se define como el riesgo incremental del período de vida para un individuo de 70 kg. que respira

CUADRO 3 SUBSTANCIAS QUÍMICAS PROPUESTAS POR LA OFICINA DE PROGRAMAS ATMOSFÉRICOS DE EPA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS UNITARIOS

Grupo I	Grupo II
Acilonitrilo	Berilio
Tetracloruro de Carbono	Cresoles (orto, meta y para)
Cloroformo	Formaldehído
Dibromuro de Etileno	Anhídrido Málico
Dicloruro de Etileno	Manganeso
Nitrosaminas(4)	Cloruro de Metileno
Percloroetileno	Níquel
Tricloroetileno	Nitrobenceno
Cloruro de Vinilideno	Tolueno
	Xilenos (orto, meta y para)

El riesgo unitario es el riesgo incremental del período de vida asociado con la inhalación de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de sustancia química en un promedio de 70 años de vida para una persona de 70 kilos.

CUADRO 4 SUBSTANCIAS QUÍMICAS PROPUESTAS POR LA OFICINA DE PROGRAMAS ATMOSFÉRICOS DE EPA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS UNITARIOS

Grupo III	
Acetaldehído	Dioxano
Tetracloruro de Acetileno	Epiclorohidrina
Acroleína	Hexaclorociclopentadeno
Cloruro de Alilo	Yoduro de Metilo
Cloruro de Bencilo	Naftilamina (1 y 2)
Eter de Bisclorometil	2-Nitropropano
Clorobenceno	Fenol
Eter de Clorometilometilo	Fosgeno
Cloropreno	Bifenilos Policlorados(PCBs)
Diclorobenceno	Oxido de Propileno

El riesgo unitario es el riesgo incremental del período de vida asociado con la inhalación de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de sustancia química en un promedio de 70 años de vida para una persona de 70 kilos.

aire que contiene $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la sustancia química en cuestión, en un período promedio de vida de 70 años. Los datos se presentan en el Cuadro 5. Nótese que el índice de potencia, expresado como riesgo unitario, alcanza a un millón de veces, y que las sustancias químicas que presentan la mayor evidencia biomédica de carcinogenicidad, basada en las respuestas en seres humanos, pueden tener potencias relativamente bajas. Por ejemplo, el cloruro de vinilo tiene un riesgo unitario de 10^5 y el benceno tiene un riesgo unitario de 10^6 . Una gran evidencia de carcinogenicidad no necesariamente significa alta potencia. En ausencia de información sobre la potencia, los reguladores tienden a controlar los carcinógenos humanos con más rigurosidad que los carcinógenos animales, a pesar de que algunos carcinógenos humanos parecen ser relativamente mucho menos potentes que algunas sustancias químicas cuyo efecto carcinógeno ha sido demostrado solamente en estudios con animales.

Si bien hay muchas sustancias químicas en estudio, algunas presentan más riesgos que otras. El peso de las pruebas de carcinogenicidad, la estimación de riesgo unitario como medida de potencia y la información relativa a los niveles de exposición, proporcionan las bases para la selección de los contaminantes atmosféricos más peligrosos, su posterior estudio y posible regulación, y para la exclusión de otros.

Después de que un agente ha sido clasificado como contaminante atmosférico peligroso, la EPA debe decidir cuáles fuentes regular primero y, de hecho, si existe alguna garantía para la regulación. El Cuadro 6 presenta una comparación de datos de diferentes categorías de fuentes que despiden arsénico. Las estimaciones de riesgo al límite superior para los subgrupos de población y los correspondientes impactos al límite superior en todo el país siempre se basan en las estimaciones de la exposición, las cuales también presentan grandes incertidumbres. Las incertidumbres deben incluirse siempre en la evaluación de la exposición, y tomarse en cuenta al usar la información de la evaluación de riesgos. Por ejemplo, cuando las estimaciones de exposición son muy inciertas, puede presentarse una escala de exposición. Las estimaciones de riesgo basadas en esta escala pueden ser instructivas, especialmente cuando el extremo superior de la escala representa bajas estimaciones o, a la inversa, cuando el extremo inferior de la escala sugiere la posibilidad de altos riesgos asociados.

CUADRO 5 CÁLCULOS DE RIESGOS UNITARIOS AL LÍMITE SUPERIOR PARA CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS SOSPECHOSOS DE SER CARCINÓGENOS

Substancia Química	Estimación de riesgo unitario al límite superior	Referencia
Acrilonitrilo	7×10^{-5}	IRIS 1991
Arsénico	4×10^{-3}	IRIS 1991
Benceno	8×10^{-6}	IRIS 1991
Berilio	2×10^{-3}	IRIS 1991
Dietilnitrosamina (DEN)	4×10^{-2}	IRIS 1991
Dimetilnitrosamina (DMN)	1×10^{-2}	IRIS 1991
Dibromuro de Etileno	2×10^{-4}	IRIS 1991
Dicloruro de Etileno	3×10^{-5}	IRIS 1991
Oxido de Etileno	1×10^{-4}	HEAST 1991
Formaldehído	1×10^{-5}	HEAST 1991
Níquel	2×10^{-4}	IRIS 1991
Percloroetileno	5×10^{-7}	HEAST 1991
Cloruro de Vinilo	8×10^{-5}	HEAST 1991
Cloruro de Vinilideno	5×10^{-5}	IRIS 1991

El riesgo unitario es el riesgo incremental del período de vida asociado con la inhalación de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de elemento químico en un promedio de 70 años de vida para una persona de 70 kilos.

CUADRO 6 RIESGO DE CÁNCER AL LÍMITE SUPERIOR EN EL LAPSO DE UNA VIDA PARA EXPOSICIONES AL ARSÉNICO^{ab}

Fuente	Número de expuestos en los dos mayores grupos ^c	Dos mayores niveles de exposición ($\times 10^4$ mg /kg por día) ^d	Riesgo de cáncer al límite supe- rior en el lapso de una vida	Estimaciones al límite su- perior/casos por año
Fundiciones de cobre	43.800	2,7-1,5	$2-1 \times 10^{-3}$	1,5-0,821
Fundiciones de plomo	3.400	0,69-0,27	$6-2 \times 10^{-4}$	0,029-0,017
Fundiciones de zinc	37.000	0,69-0,27	$6-2 \times 10^{-4}$	0,32-0,13
Alijado de algodón	32	15,4-6,9	136×10^{-3}	0,0061-0,0027
Fábricas de pesticidas	1.480	0,026-0,014	$2-1 \times 10^{-5}$	0,0004-0,00025
Fábricas de vidrio	11.580	0,69-0,014	$6-2 \times 10^{-4}$	0,099-0,040

a) FUENTE: EPA. Carcinogen Assessment Group's Risk Assessment on Arsenic, 2 de mayo de 1980, Servicio Nacional de Información Técnica. PB 81-20613.

b) Las grandes cifras aquí presentadas no indican precisión o exactitud; se incluyen, más bien, para facilitar el seguimiento de las derivaciones de estas cifras a través de las diversas extrapolaciones y cálculos matemáticos.

c) Población expuesta a los niveles ambientales de arsénico de las fuentes que figuran en la lista.

d) Por ejemplo, el nivel de exposición máximo para las fundiciones de cobre es de $2,7 \times 10^{-4}$ mg/kg diarios.

Riesgo residual

El siguiente ejemplo del uso del manejo de riesgos es un examen del riesgo residual. La evaluación cuantitativa de riesgos se usó para comparar el riesgo residual después de la aplicación de la mejor tecnología disponible para el control de los niveles ambientales de monómero de cloruro de vinilo, con el riesgo asociado con otros contaminantes atmosféricos potencialmente peligrosos, que aún no han sido regulados (véase Cuadro 7). La información de la evaluación de riesgos indica que éstos habían disminuido considerablemente después de la regulación del cloruro de vinilo, y que el riesgo restante era bajo en comparación con los riesgos asociados con otros contaminantes del aire, principalmente los riesgos individuales del arsénico y del benceno y los efectos de los mismos en todo el país (Cuadro 5). Generalmente, tanto los riesgos individuales relativos como los riesgos para la población durante un período de vida humana se toman en consideración al momento de adoptar decisiones de regulación. La Oficina de Programas de Calidad del Aire de la EPA destinó recursos de la Agencia para examinar otros contaminantes atmosféricos y no para estudiar reducciones adicionales de los riesgos asociados con las emanaciones de cloruro de vinilo. Hasta la fecha, el cloruro de vinilo no ha vuelto a ser regulado. La Agencia ha accedido, sin embargo, a examinar periódicamente la regulación de estas emanaciones.

Balance de riesgos y beneficios

Gran parte de las decisiones tomadas por las autoridades del registro de pesticidas de la EPA, concernientes al balance de riesgos y beneficios, se han basado en la evaluación de riesgos. El Cuadro 8 presenta las estimaciones cuantitativas de los riesgos asociados con tres pesticidas sobre los cuales ya se han tomado decisiones de registro. En el caso del clorobencilato, que se usa en las frutas cítricas, el valor de la evidencia en cuanto a su potencial carcinógeno se midió en las reacciones observadas en el hígado de ratones macho y hembra; los estudios en las ratas fueron negativos.²⁷ Existe un gran desacuerdo entre algunos científicos respecto

²⁷ Véase, EPA, «Resumen y Conclusiones para la Evaluación del Riesgo Carcinogénico del Clorobencilato», Grupo de Evaluación de Carcinógenos (CAG). (No publicado), 1978.

CUADRO 7 COMPARACIÓN DE RIESGOS AL LÍMITE SUPERIOR ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL A CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CARCINOGENOS

Compuesto Químico ^b	Probabilidad al límite superior de muerte por cáncer en el lapso de una vida a raíz de una exposición máxima cerca de las fuentes estacionarias ^c	Número total de expuestos ^{c,d}	Número de muertes/año por cáncer al límite superior, en los EE.UU. causado por substancias químicas en el aire ^c
Riesgos individuales relativos			
Arsénico	2×10^{-3}	44.000	1
Benceno	2×10^{-4}	55.000	0,1
Hormos de coque	6×10^{-3}	1.800	0,2
Cloruro de vinilo ^e	4×10^{-3}	34.000	1,9
Antes de la regulación	2×10^{-4}	34.000	0,1
Después de la regulación			
Riesgos para la población en el lapso de una vida			
Arsénico	4×10^{-5}	25.000.000	16
Benceno	3×10^{-5}	220.000.000	78
Hormos de coque	7×10^{-4}	15.000.000	150
Cloruro de vinilo ^e	2×10^{-4}	5.000.000	20
Antes de la regulación	1×10^{-5}	5.000.000	1
Después de la regulación			

a) FUENTE: EPA, Informes del Grupo de Evaluación de Carcinógenos 1976 - 1981. Estas estimaciones pueden cambiar en la medida en que se obtengan datos adicionales.

b) Todos los riesgos fueron estimados antes de las regulaciones, excepto en los casos en que se indica lo contrario.

c) Las importantes cifras presentadas aquí no indican precisión o exactitud; se incluyeron, más bien, para facilitar el seguimiento de las derivaciones de estas cifras a través de las diversas extrapolaciones y cálculos matemáticos.

d) Población expuesta a niveles ambientales de las substancias que figuran en la lista. La exposición corresponde a fuentes estacionarias.

e) Si la estimación de riesgos se basara en la incidencia de los tumores mamarios demostrada en estudios biológicos en animales, los resultados serían cuatro veces mayores.

del valor apropiado que debe darse a estas respuestas. Sin embargo, sobre la base de la suposición de que el clorobencilato es un carcinógeno humano, las estimaciones de riesgo cuantitativo indican que el riesgo asociado con la exposición para la población es, en general, relativamente bajo, con un orden de probabilidad de aumento del riesgo de uno en un millón, y que la tasa anual de cáncer para todo el país también es relativamente baja. Sin embargo, el riesgo para los fumadores fue mayor en dos órdenes de magnitud. Dado que la AFIFR requiere del balance de riesgos y beneficios, la presencia de un aumento del riesgo para los fumadores se evaluó tomando en cuenta el hecho de que no existe un sustituto del clorobencilato que pueda usarse en los cítricos. La Agencia agregó condiciones más estrictas para la clasificación del clorobencilato, exigiendo a los fumadores que tomaran mayores precauciones.

El siguiente ejemplo en el Cuadro 8 se refiere a la aplicación de la evaluación de riesgos en el registro del nuevo pesticida BAAM, de uso en peras y manzanas. El único estudio biológico de carcinogénesis que se llevó a cabo con el BAAM proporcionó una evidencia muy débil de actividad carcinogénica. Al no existir datos adicionales, pero bajo la suposición de que esta única prueba reflejaba una verdadera actividad biológica, se llevó a cabo una evaluación cuantitativa de riesgos. Las estimaciones de riesgo calculadas al límite superior indicaron, con un mayor riesgo de un orden de probabilidades de uno en un millón, que existe un riesgo proyectado relativamente bajo para la población de los Estados Unidos en su conjunto. Usando el balance de riesgos y beneficios, la EPA tomó la decisión de permitir el registro temporal del BAAM, sólo por tres años, para su uso sólo en peras, ya que existen sustitutos para las manzanas, y estableció la condición de presentar datos más definitivos antes de otorgar su registro permanente para cualquier uso. Este ejemplo demuestra cómo puede hacerse buen uso del tiempo y el esfuerzo guiándose por la evaluación cuantitativa de riesgos.

En el tercer ejemplo del Cuadro 8, la evaluación de riesgos se usó para el balance de riesgos y beneficios de los usos registrados del clordano/heptacloro. Estos compuestos fueron clasificados como probables carcinógenos humanos (B2) sobre la base de una serie de estudios biológicos en el ratón y la rata.²⁸ Son sustancias

²⁸ Véase, IRIS, «Integrated Risk Information System», Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., Oficina de Evaluación Médica y Ambiental, Oficina de Evaluación y Criterios Ambientales, Cincinnati, Ohio, 1991.

biológicamente acumulables y la mayoría de los humanos lleva consigo una cantidad de ellas en el tejido adiposo. Al aplicar la evaluación cuantitativa de riesgos se demostraron riesgos mayores, en por lo menos un orden de magnitud, que los dos casos anteriores presentados en el Cuadro 8; también se obtuvieron proyecciones de importantes efectos potenciales a escala nacional. En este caso se tomó la decisión de prohibir el clordano/heptacloro en la mayoría de sus usos, con excepción de su aplicación bajo tierra para el control de las termitas, ya que, en ese momento, no había buenos substitutos disponibles y se estimó que ese uso representaba una menor exposición potencial para los seres humanos.

En el último ejemplo de uso de la evaluación de riesgos para el balance de riesgos y beneficios, el Cuadro 9 presenta datos para la proyección de riesgos relacionados con la reanudación de la fabricación de ácido nitrilotriacético (NTA) en los Estados Unidos. La fabricación de NTA se había suspendido voluntariamente a comienzos de los años 70 debido a los primeros indicios, descubiertos por estudios biológicos en animales, de que el NTA podía ser cancerígeno. Se efectuó esta evaluación de riesgos porque el fabricante consultó a la EPA si habría regulaciones EPA para el NTA en caso de reanudarse la producción. El NTA puede usarse en los detergentes, en reemplazo de los fosfatos, los que inciden en la eutroficación de las masas de agua. Los beneficios debidos al uso del NTA consistirían en una potencial reducción de la concentración de fosfatos en el agua. Las estimaciones de riesgo que se presentan en el Cuadro 9 se basan en los datos obtenidos por monitoreo en Canadá, donde el NTA se ha usado en forma ininterrumpida por varios años. Con excepción de los pozos privados, donde sólo se controlaron 21 muestras, los riesgos de cáncer potencial según los datos de Canadá indicaban una proyección de bajos riesgos para la población de los Estados Unidos. Si bien se plantearon algunos problemas respecto de si los datos canadienses de exposición serían aplicables a la proyección de la exposición en los Estados Unidos, la resolución de no regular la reanudación de producción de NTA citó como razón para ello estas estimaciones de riesgo relativamente bajo.

CUADRO 8 ESTIMACIONES DE RIESGO AL LÍMITE SUPERIOR PARA LA POBLACIÓN EXPUESTA A PESTICIDAS SOSPECHOSOS DE SER CARCINÓGENOS

Pesticida	Población expuesta	Probabilidad de muerte por cáncer en un período de vida debido a exposiciones ^b	Número esperado de muertes/año por cáncer al límite superior
Cloro-bencilato	220 millones-consumo de cítricos -fumigadores de cítricos ⁰	2×10^6	7
		4×10^4	-
		1×10^3	
Amitraz (BAAM)	220 millones-consumo de manzanas -consumo de peras 1400 fumigadores: manzanas 1550 fumigadores: peras 1600 fumigadores: peras	3×10^6	8
		2×10^6	6
			0,002
		6×10^5	0,001
Clordano/ Heptacloro	220 millones	1×10^4	0,003
		2×10^{4d} 5×10^{5e}	500^b 150^d

a) FUENTE: EPA. Informes del Grupo de Evaluación de Carcinógenos 1976-1981. Estas estimaciones pueden cambiar en la medida en que se obtengan datos adicionales.

b) Las importantes cifras presentadas no indican precisión o exactitud; se incluyeron, más bien, para facilitar el seguimiento de las derivaciones de estas cifras a través de las diversas extrapolaciones y cálculos matemáticos.

c) No se incluyó en el estudio el número total de fumigadores.

d) Basado en el total de tumores.

e) Basado en carcinomas extensos.

CUADRO 9 PROYECCIÓN DE RIESGOS DE CÁNCER EN EL LAPSO DE UNA VIDA HUMANA SOBRE LA BASE DE UN MODELO DE UN IMPACTO ÚNICO DE EXPOSICIÓN-REACCIÓN AL NTA^{a,b}

Tipo de exposición	Número de expuestos	Niveles de exposición en mg/kg diarios ^c	Riesgo asociado de cáncer al límite superior	Casos/año de cáncer al límite superior
Agua potable pública	220 mill.	8×10^{-5}	4×10^{-7}	1
Rango			3×10^6	10
Media		4×10^{-5}	2×10^{-7}	1
Pozos privados	66 mill.	hasta $0,1^d$	4×10^{-4d}	370
Máximo ^d				
Consumidores en general				
Lavandería	125 mill.	2×10^{-4}	1×10^6	2
Lavado de platos	125 mill.	2×10^{-4}	1×10^6	2
Residuos de platos sin enjuagar	2 mill.	0,01	6×10^{-5}	2
Obreros	100	1×10^{-3}	6×10^6	—
Fábrica		7×10^{-3}	3×10^{-5}	—
Formulaciones	1.750	5×10^{-3}	2×10^{-5}	0,001
		5×10^{-2}	2×10^{-4}	

a) FUENTE: Oficina de Substancias Tóxicas de la EPA. Informe Preliminar, 1979.

b) Las importantes cifras presentadas aquí no indican precisión o exactitud; se incluyeron, más bien, para facilitar el seguimiento de las derivaciones de estas cifras a través de las diversas extrapolaciones y cálculos matemáticos.

c) Las exposiciones proyectadas para los Estados Unidos se basan en datos de monitoreo del Canadá.

d) Datos insuficientes; se tomaron como base las únicas 21 muestras existentes, de las cuales sólo una presentaba una polución significativa.

CUADRO 10 PAUTA PARA EL CÁLCULO DE CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA AL LÍMITE SUPERIOR CON UN LÍMITE INFERIOR CERCANO A CERO³

	Pendiente al límite superior B _H (mg/kg diario) ^{a,b}	Concentraciones en agua correspondientes, al límite superior, a un nivel de riesgo de 10 ⁻⁵ (µg/litro) ^{b,c}
Acilonitrilo	0,6(2,0)	0,6(0,08)
Aldrin	11,4(6,3)	7,4 x 10 ⁻⁴ (5 x 10 ⁻⁵)
Arsénico ^d	140	0,02
Asbesto	—	300,000 (fibras/lit.) (0,05)
Benceno ^d	0,1	7
Bencidina	234,1	1 x 10 ³
Berilio	4,9(3,4)	0,1(0,1)
Tetracloruro de carbono	0,1(0,1)	4(3)
Cloroforno	0,2(0,2)	2(2)
Clordano	1,6(5,4)	5 x 10 ⁻³ (1 x 10 ⁻³)
Eteres cloro al kilos		
BCME	9.300(13.600)	4 x 10 ⁻⁵ (2 x 10 ⁻⁵)
BCEE	1,1(0,7)	0,3(0,4)
Bencenos clorados		
HCB	1,7(2,5)	7x10 ⁻³
Etanos clorados		
1, 2-di-	0,04(0,05)	9(7)
1, 1,2-tri-	0,1(0,1)	6(3)
1, 1,2, 2-tetra-	0,2(0,2)	2(2)
Hexa-	0,01(0,02)	19(6)
Diclorobencidina	2(2)	0,1(0,02)
DDT	8(18)	2 x 10 ⁴
Dicloroetilenos		
1, 1-dicloroetileno	1(0,3)	0,3(1)
Dieldrin	30(180)	7 X 10 ⁴
Dinitrolueno,	0,3(0,4)	1(0,1)
Dioxinas		
2,3,7,8-tetracloro-	4 x 10 ⁻⁵ (1 x 10 ⁻⁴)	2 x 10 ⁹
Difenilhidracina	0,8(0,7)	0,40,4
dioxina		
Halometanos	Id. cloroformo	
Heptacloro	3(30)	3 x 10 ⁻³ (2 x 10 ⁻⁴)
Hexaclorobutadieno	0,008(0,05)	5(1)
Hexaclorociclohexano		
grado técnico	5(2)	0,1(0,02)
isómero alfa	11(3)	0,02(0,02)
isómero beta	2(2)	0,1(0,03)
isómero gama	1(1)	0,2(0,05)
Nitrosaminas		
DMNA	26(13)	1 x 10 ⁻² (3 x 10 ⁻³)
DENA	44(38)	8 x 10 ⁻³ (9 x 10 ⁻³)
DBNA	5(2,7)	0,1(0,01)
N-N-P	2(4)	0,2(0,1)
PAH	12(28)	3 x 10 ⁻² (10 x 10 ⁻³)
PCB	4(3)	8 x 10 ⁻⁴ (3 x 10 ⁻⁴)
Tetracloroetileno	0,04(0,1)	8 x (2,0)
Tricloroetileno	0,01(0,01)	27(21)
Toxafeno	1(4)	7 x 10 ⁻³ (5 x 10 ⁻⁴)
Cloruro de vinilo ^d	0,02	20

a) *Registro Federal*, Vol. 45, No 231, noviembre 1980.

b) Los valores entre paréntesis se calcularon sobre la base del modelo de impacto único. Los otros valores se calcularon sobre la base del modelo multietapas.

c) Suponiendo un consumo diario, durante el lapso de una vida humana, de 2 litros de agua y 0,0065 kg. de pescado. Nótese que en los cálculos en que se usó el modelo de un impacto único, se supuso un consumo de pescado de 0,0187 kg., y algunos de los factores de bioconcentración son diferentes en el cálculo que usó-el modelo de etapas múltiples.

d) El alcance se determinó a partir de datos epidemiológicos.

Establecimiento de niveles objetivo de riesgo

En este ejemplo (Cuadro 10), la EPA se vio obligada a recomendar criterios nacionales de calidad del agua para un gran número de sustancias químicas, incluyendo las sospechosas de ser carcinógenas.²⁹ El estatuto bajo el cual se emitieron estos criterios, el Acta Federal de Control de la Contaminación del Agua, exigía que la Agencia publicara criterios de calidad del agua para proteger la salud pública; en esta sección del estatuto no había ninguna disposición en cuanto a incorporar los factores socioeconómicos al establecer los criterios de calidad del agua. Como no podía establecerse un umbral de concentración para las sustancias sospechosas de ser carcinógenas, se usó la evaluación cuantitativa de riesgos para recomendar concentraciones en el agua relacionadas con riesgos durante un lapso de vida humana de 10^{-7} a 10^{-5} . Las concentraciones que produjeran riesgos de esta magnitud se calcularon suponiendo una ingestión de 2 litros de agua potable al día y un consumo promedio de pescado de 6,5 gramos diarios (porción comestible). Se calculó la pendiente de límite superior de la curva dosis-respuesta, como también la concentración en el agua de cada sustancia química que correspondería a un nivel de 10^{-5} de riesgo de cáncer en el límite superior. Al calcular estos datos, debe usarse una extrapolación para estimar la dosis de carcinógeno necesaria para provocar un cáncer. En los criterios propuestos, los datos se calcularon usando el modelo de un solo impacto. En respuesta a los comentarios del público, la Agencia revisó los modelos alternativos y decidió adoptar el Crump linealizado, un modelo de etapas múltiples, a fin de utilizar plenamente todos los puntos de los datos³⁰ para el análisis de los modelos biológicos de la carcinogénesis. La pendiente de límite superior y las concentraciones individuales de

²⁹ Véase EPA, «Documentos sobre criterios de calidad del agua: Disponibilidad», *Reg. Fea.*, 45, 1980, pp. 79.316-79.379.

³⁰ *Ibidem*; P. Armitage, «Modelos de Etapas Múltiples de la Carcinogénesis», *Environ. Health Perspect.*, 63, 1985, pp. 195-201; S. H. Moolgavkar, «Preparación de modelos de carcinogénesis. De la biología molecular a la epidemiología», *Anuario Revista de Salud Pública*, 7, 1986, pp. 151-169; T. W. Thorslund, «Modelo Cuantitativo de Dosis-Respuesta para la Actividad Promotora de los Tumores del TCDD», (Presentado a la Agencia de Protección Ambiental), 1987; Thorslund, *et al.*, 1987a,b.

las sustancias químicas aparecen en el Cuadro 8; esta información debería tomarse en cuenta al aplicar esta concentración objetivo en el curso del proceso de manejo de riesgos.

Conclusiones y orientaciones futuras

Estos ejemplos ilustran la aplicación de la evaluación cuantitativa de riesgos en una serie de circunstancias prácticas para suministrar información en cuanto al riesgo como base para adoptar decisiones sobre políticas relativas a la salud pública en los Estados Unidos. Estas decisiones sobre políticas no se apoyaron en ningún «nivel aceptable» de riesgo; cada decisión reflejó la medida en que cada meta era alcanzable. Sin embargo, la mayor parte de las decisiones sobre manejo de riesgos regularon la exposición de tal manera que los riesgos de cáncer en el lapso de la vida de cada individuo se aproximara a 10^{-5} en el límite superior. Hubo algunas circunstancias en las que no era posible alcanzar este nivel de riesgo, por ejemplo, al establecer normas haloformas para el agua potable.³¹ Estas decisiones, en las que se aceptaron riesgos superiores a 10^{-5} , por lo general se justificaron con negociaciones de carácter social y económico, como por ejemplo el valor protector de la cloración del agua potable para evitar infecciones. Los riesgos inferiores a 10^{-5} para la población en su conjunto por lo general no se regularon, como lo ejemplifican las decisiones de manejo de riesgos para el caso del NTA, el cloruro de vinilo y el clorobencilato. Las excepciones para riesgos inferiores a 10^{-5} incluyen la cancelación voluntaria del safrol como repelente para perros (riesgo de 10^{-7}) y la recomendación de criterios de calidad para el agua potable relacionados con riesgos de 10^{-7} a 10^{-5} .³² En una amplia muestra de evaluaciones de riesgos para diferentes sustancias químicas en diversas situaciones de exposición, los riesgos de límite superior cayeron a un rango de riesgo relativamente bajo, de 10^{-5} para aproximadamente un 80 a 90% de los casos estudiados.

Las incertidumbres en las estimaciones de exposición y otras inherentes al proceso de extrapolación deben tomarse en consideración


³¹ Véase EPA, 1978, *op. cit.*

³² Véase EPA, 1980, *op. cit.*

sobre una base caso por caso. A pesar de estas deficiencias, el uso de estimaciones de límite superior para identificar aquellos casos en que los riesgos pueden ser tan bajos, incluso en el límite superior, como para entrar en una categoría de baja prioridad para los fines de la regulación, ha ayudado a los reguladores a centrar su atención en problemas más urgentes de salud pública.

El proceso de evaluación de riesgos se encuentra en permanente perfeccionamiento y refinamiento. Actualmente se están realizando esfuerzos considerables para mejorar los métodos de evaluación de dosis y exposición, concentrándose en los avances de la biología molecular y en nuestra creciente capacidad para detectar bajos niveles de sustancias químicas tóxicas y/o sus productos metabólicos en los tejidos y fluidos humanos. Se están desarrollando modelos matemáticos motivados biológicamente para reducir la incertidumbre respecto del cáncer al límite superior ante bajas dosis. Estos esfuerzos son necesarios para no imponer regulaciones excesivas a sustancias químicas cuyo verdadero riesgo está muy por debajo del límite superior.³³

El proceso de análisis de riesgos comienza con la generación de datos sobre los cuales puede basarse un análisis científico de la estimación de los riesgos para la salud, en términos tanto cuantitativos como cualitativos. El manejo de estos riesgos proyectados implica consideraciones de factores legales y socioeconómicos generales para decidir cómo manejar los riesgos. Finalmente, la comunicación del riesgo y su aceptación son preocupaciones esenciales en el proceso de análisis de riesgos, porque el público afectado está desempeñando un papel cada vez más activo en las decisiones sobre salud pública. La compleja área de la comunicación de los riesgos es un campo interdisciplinario, que incluye toda una gama de elementos, como la comunicación de datos científicos, los efectos de la comunicación de las noticias, la percepción del riesgo, las negociaciones de riesgo y compensación, los factores psicológicos del riesgo y el control y los procesos de comunicación y arbitraje. Históricamente, estas áreas han sido el objetivo de los investigadores que trabajan dentro de los ámbitos especializados antes mencionados.



Mecanismos de generación de estándares de calidad ambiental para Chile

Fernando Alliende C. y Juan Ariztía M.

Fernando Alliende Correa es Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile. Dr. rer. nat., Universidad de Munich. Director y Gerente General TESAM Hartley S.A. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

Juan Ariztía Matte es Ingeniero Civil, Universidad de Chile. M.B.A., Universidad de Chicago. Presidente de ENTEL. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

I. ELEMENTOS Y CRITERIOS PARA LA GENERACIÓN DE ESTÁNDARES

1.1, La generación de estándares como parte de un proceso global

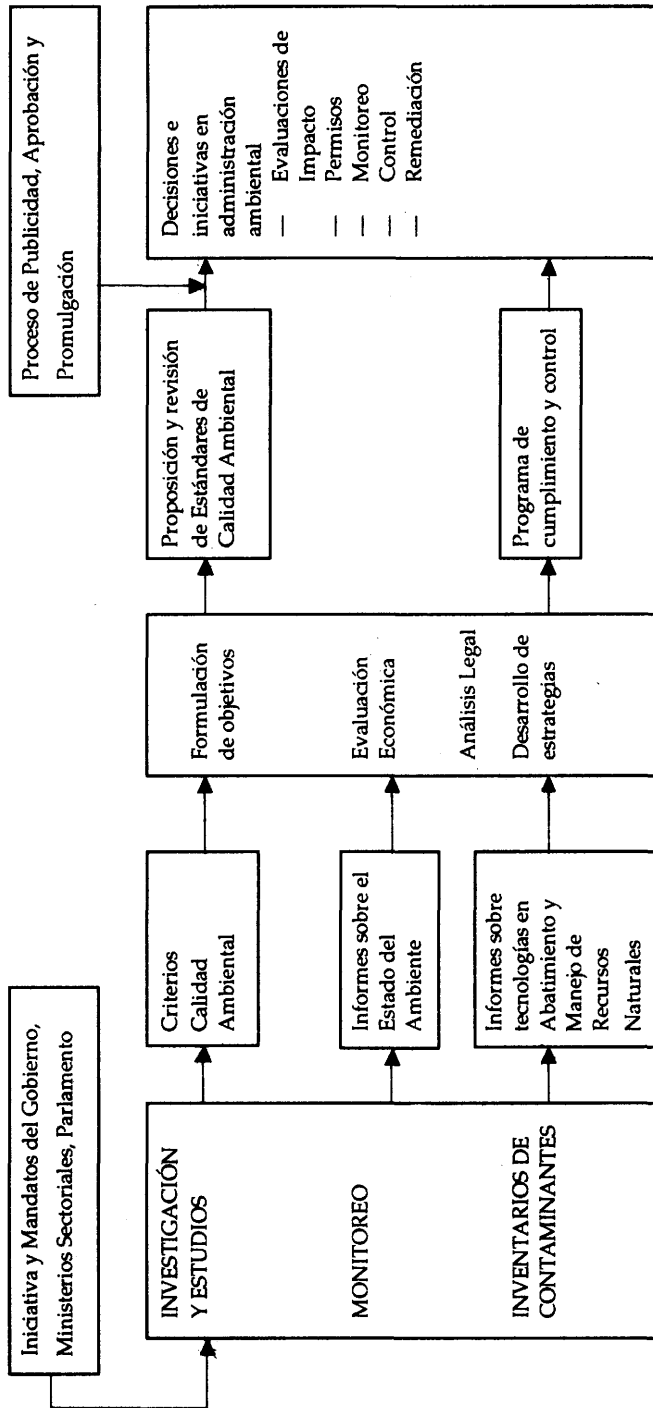
No es posible analizar los mecanismos de generación de estándares sin enmarcarlos en su correlato de múltiples funciones y actividades que, en su conjunto, constituyen la Administración del Medio Ambiente. En efecto, los estándares de calidad ambiental son, por un lado, el resultado de aspiraciones sociales, iniciativas políticas, estudios científicos, análisis técnicos de factibilidad, evaluaciones económicas y prioridades estratégicas de gobierno. Por otra parte, son uno de los puntos de partida y de referencia para los programas de control y remediación, los permisos de construcción y operación industriales y de otras múltiples iniciativas en el campo de la Administración del Medio Ambiente.

En el Gráfico 1 se muestra un esquema, que nos ha parecido apropiado, del lugar que ocupa la generación de estándares de calidad ambiental dentro del conjunto de las funciones de la Administración Ambiental.

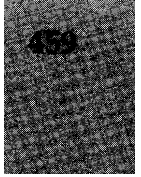
La proposición y revisión de los estándares requieren para su materialización, en rigor, lo siguiente:

- que se tenga un conjunto de *objetivos* claros,
- que se evalúe y conozca, al menos tentativamente, *el costo y el beneficio* de su implantación,

GRÁFICO 1 LA PROPOSICIÓN Y REVISIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD DENTRO DEL MARCO GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE*



* Extractado libremente de Persson 1991.



- que se diluciden sus implicancias y contingencias *legales*,
- que exista un concepto de *estrategia*, principalmente en cuanto a la *lista* de los contaminantes a ser controlados y sus *prioridades*.

La *formulación de objetivos*, a su vez, requiere disponer de *criterios de calidad ambiental* (descargas y niveles críticos de contaminantes), debidamente documentados, los que, por su parte, se fundan en *investigaciones, estudios, monitoreos e inventarios de contaminantes*.

Por su lado, el *concepto estratégico (lista de contaminantes a controlar y prioridades)* se funda en un conocimiento adecuado del *estado del ambiente* en el país, en una apreciación de las *tecnologías de abatimiento* y en los *criterios de calidad ambiental* indicados anteriormente.

Todos estos últimos se basan, igualmente, en las investigaciones, estudios, monitoreos e inventarios señalados.

Estas actividades administrativas y de investigación y comunicación son «gatilladas» por iniciativas y mandatos del Gobierno, con sus ministerios sectoriales, y del Parlamento.

La *evaluación económica*, por su parte, deberá apuntar al complejo tema de los costos *y beneficios* de los estándares y también al asunto aún más complicado de su *eficiencia*, es decir, a la obtención de beneficios al mínimo costo posible.

Se observa, entonces, que la generación de estándares forma parte indivisible de una red de funciones y actividades previas, necesarias para su ocurrencia.

A su vez, los estándares, una vez propuestos, generan otras funciones y actividades que ocurren posteriormente:

- el proceso de *publicidad, aprobación y promulgación*,
- los programas de *cumplimiento, control y penalización*,
- los procesos de *permisos* de operación industrial,
- los programas de *remediación*.

A todo este proceso global se le denomina Administración del Medio Ambiente, y se advierten las siguientes necesidades:

- el análisis de los mecanismos de generación de estándares de calidad ambiental debe efectuarse junto con el análisis de todo el proceso de Administración del Medio Ambiente, y

- la función de proponer y revisar los estándares de calidad ambiental debe darse en una institución concreta que tenga a su cargo el manejo experto y el liderazgo de la Administración del Medio Ambiente; si no el total, al menos gran parte de la misma.

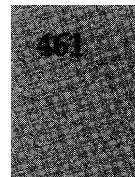
1.2. Las implicancias científicas, económicas y políticas de los estándares de calidad ambiental

A estas alturas del debate sobre el medio ambiente, es bastante obvio afirmar que en la fijación de estándares de calidad ambiental están involucrados aspectos científicos, económicos y políticos. Y lo están tan fuertemente, que es imposible afirmar la importancia de un aspecto sobre otro: todos convergen en igualdad de derechos, y afirmar uno en desmedro de otro llevaría a sesgos indeseables en los estándares que se promulgaren.

Otros capítulos dentro de este mismo libro están orientados al examen de aquellos aspectos científicos, económicos y políticos. Nos remitiremos, por lo tanto, a aquéllos, y sólo los tocaremos en cuanto tienen, específicamente, relación con los mecanismos de generación de estándares. Desde este punto de vista, conviene afirmar lo siguiente:

- a) La *dimensión científica* de la generación de estándares de calidad ambiental debe darse, *al interior de la institución* en que aquélla se realice, en dos formas:
 - por una parte, a través de un grupo de profesionales expertos (en medicina, ciencias biológicas, físicas y químicas, ingeniería, urbanismo y otras) que realicen los estudios e investigaciones, elaboren los criterios de calidad ambiental y estudien, propongan y revisen los estándares, y
 - por otra, con la participación de científicos distinguidos en comités asesores de la institución.

Si bien la institución en que se realice la proposición de estándares debe disponer de una base propia de científicos y técnicos, no parece adecuado descartar la participación de



profesionales externos en temas específicos mediante contratos especiales.

- b) Los *aspectos económicos*, encaminados a estimar los costos, beneficios y eficiencia de los estándares en estudio, deben ser cubiertos, también al interior de la institución, por economistas e ingenieros expertos.
- En el diseño de las plantas de personal encargadas de los aspectos científicos y económicos y sus medios de trabajo, debe tenerse en cuenta la enormidad de la labor ya realizada en los países desarrollados y la modestia relativa de nuestros presupuestos. Por ello, debería hacerse un uso extensivo de los resultados de aquel trabajo hecho en el extranjero y limitar los esfuerzos propios a los problemas y temas más atinentes a nuestras circunstancias particulares.
- c) Los *aspectos políticos*, encaminados a definir las secuencias, ritmos, graduaciones, prioridades y asignaciones de recursos en el proceso de generación de estándares, deben intervenir a través de:
- los mandatos e iniciativas recibidos del Ejecutivo y del Parlamento,
 - los procesos de publicidad, aprobación y promulgación,
 - la participación de abogados en el grupo profesional de la institución, cuya labor se oriente hacia la inserción de los estándares en la legalidad chilena.

Como inspiración y contenido de fondo de la Administración del Medio Ambiente —y de paso en el proceso de generación de estándares— es imposible dejar de reconocer los *aspectos éticos*. Se los podría expresar como el imperativo de transformar en acciones concretas y eficaces la profunda —aunque a menudo desconocida— vocación del hombre hacia la solidaridad y el respeto con sus semejantes, y con los seres y elementos que lo acompañan y sostienen en su vida, así como a los regalos que ha recibido de la naturaleza y de las anteriores generaciones. Las contribuciones de los señores Fontaine, Rojas y Morandé abordan, en este mismo volumen, aquellos temas, por lo que no se insistirá en ellos. Sólo se harán dos observaciones:

Primero: Los estándares de calidad ambiental son expresiones del nivel de calidad del medio ambiente que la sociedad desea para sí, bajo consideración de las restricciones existentes. Detrás del diseño de estos estándares está, entonces, el deseo de proteger la vida y la salud de las personas, de los demás seres vivos, así como del patrimonio material, cultural y económico del país. La otra parte de la ecuación, también en términos éticos, es el imperativo hacia la eficiencia de los estándares, encaminada a impedir que el costo de cumplimiento de los mismos implique cifras tales que otras necesidades vitales sean desatendidas.

Segundo: Algunos problemas supuestamente éticos son, en realidad, problemas de asignación óptima de recursos. A modo de ejemplo, se cita textualmente a J. D. Patton: «Por ejemplo, las modificaciones de 1990 a la Ley de Aire Limpio contienen una sección sobre emisiones tóxicas. Se ha establecido que sólo esta sección costará a la economía de los Estados Unidos entre 6 y 12 billones de dólares por año.

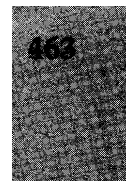
Se ha estimado que estos controles podrán reducir las muertes por cáncer en un máximo de 500 por año. Este costo representa entre 12 y 24 millones de dólares por cada caso de cáncer que pueda ser evitado.

En comparación, el Instituto Nacional del Cáncer gasta menos de US\$ 4.000 en investigación por cada una de las 470.000 muertes por cáncer que ocurren cada año en los Estados Unidos.

Pienso que es correcto decir que estamos en favor de salvar vidas, pero ciertamente hay mejores formas de gastar el dinero que ésta, para salvar vidas».¹

No por polémico este comentario deja de apuntar a un hecho real: podemos coincidir en una aspiración ética (salvar vidas humanas), pero diferir en la asignación de recursos para hacerlo (programa de control de emisiones tóxicas vs. programa de investigación del cáncer).

¹ J. D. Patton "US Environmental Control Programs. Their Development and Characteristics". Presentado en el Seminario de Minería y el Medio Ambiente, Santiago, Chile, mayo 1992.



1. 3. El proceso de proponer y revisar estándares de calidad ambiental

En el párrafo 1.1. se ha presentado un esquema que deja bastante encaminado el proceso de proponer y revisar estándares de Calidad Ambiental. En particular, vimos cómo dicho proceso se inserta en un conjunto de funciones y actividades indivisiblemente relacionadas.

Por su parte, la doctora Anderson en su contribución *El control de la contaminación atmosférica en EE.UU.*, contenida en este mismo volumen, describe brevemente el proceso para establecer y revisar estándares nacionales de calidad del aire en ese país.

Aquel proceso se muestra, en forma libre y empleando la particular terminología usada en Estados Unidos, en el Gráfico 2. Prevenimos que este gráfico no pretende reflejar en detalle el proceso de establecer y revisar estándares, sino un esquema general y aproximativo de lo que se señala en el referido artículo.

Deben destacarse los siguientes aspectos:

- hay una oficina o departamento dentro de la EPA que *admistra el proceso* de elaboración y revisión del estándar (OPECA);
- hay otra oficina o departamento (OID) que genera los *documentos que sustentan el estándar* que será propuesto o que está siendo revisado (en la terminología del párrafo 1.1. los «criterios de calidad ambiental»);
- también interviene, *aprobando el estándar y sus fundamentos*, un *Comité Científico Asesor* (CCAAL);
- existen dos instancias de revisión pública y *científica*: una de los documentos de soporte del estándar y otra del estándar propuesto.

Todos estos elementos nos parecen importantes y dignos de ser tomados en cuenta al momento de proponer una institucionalidad apropiada al caso chileno (2ª parte).

Para una visión crítica del sistema de generación de estándares de calidad del aire en Estados Unidos, véase el libro de R. W. Crandall.²

² R. W. Crandall "Controlling Industrial Pollution. The Economics and Politics of Clear Air". The Brookings Institution, Washington D.C., 1983.

Una buena presentación de cómo se relacionan los estándares de calidad del aire (objetivos nacionales) con los efectos en la salud y en el entorno (aspecto clave en los «criterios de calidad ambiental») puede encontrarse en *The State of Canada's Environment, 1991*.³

Los conceptos desarrollados en estas referencias pueden aplicarse sin dificultad a la calidad del agua, del suelo y del ruido.

1.4. La publicidad, aprobación y promulgación de los estándares de calidad ambiental dentro del proceso de generación de los mismos

Dentro del proceso de generación de estándares de calidad ambiental, tanto la publicidad previa a la presentación que se haga de éstos y de los antecedentes que los sustentan como la aprobación y promulgación de ellos constituyen todas actividades relevantes a la que se aludirá brevemente a continuación.

Al discutir estos temas deben tomarse en cuenta las formas jurídicas principales que existen en el país. Para los efectos en consideración, dichas formas son:

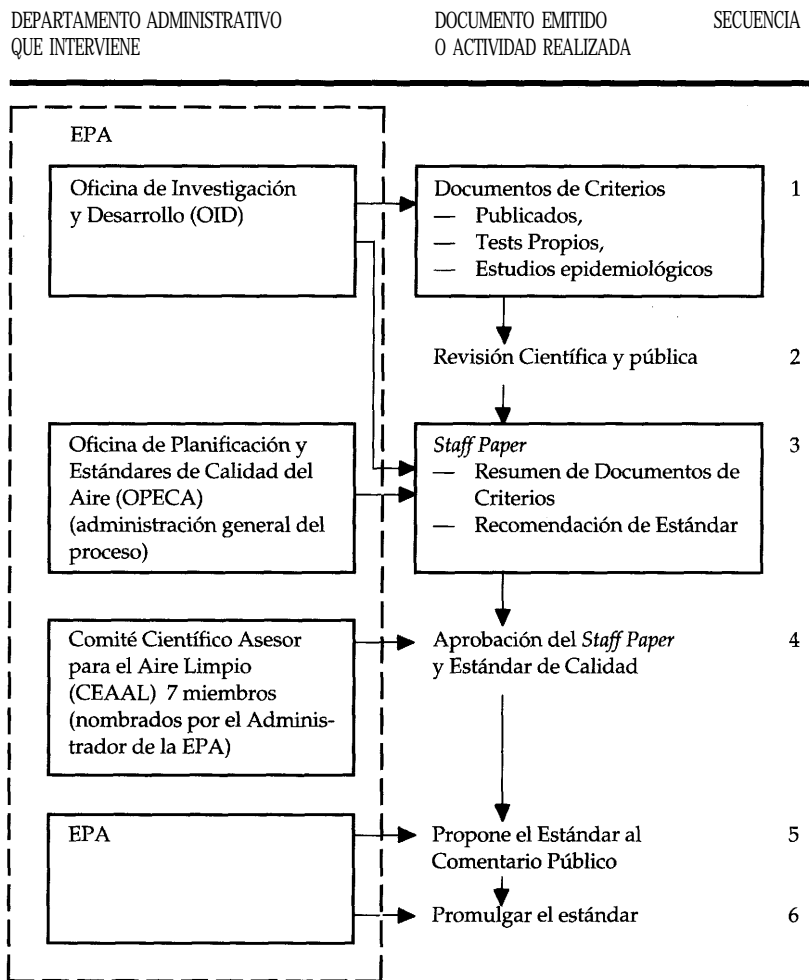
- la ley, que requiere la discusión y aprobación del Parlamento;
- el Decreto Supremo o Decreto Exento, que lleva la firma del Presidente y del ministro competente;
- la Resolución Administrativa, que emite una institución pública autorizada para ello.

Por otra parte, debe también considerarse la naturaleza o sustancia a que se refiere la disposición. En este caso, el estándar de calidad ambiental.

Respecto de este último punto, parece adecuado distinguir entre *estándar de calidad ambiental* propiamente tal y *estándar de emisión*. Mientras el primero tiene un carácter de aspiración y meta social, con una cobertura nacional, que compromete a múltiples emisores y afectados, el estándar de emisión se relaciona sólo indirectamente con esas

³ Gobierno de Canadá, "The State of Canada's Environment", Ottawa 1991.

GRÁFICO 2 ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL MECANISMO DE GENERACIÓN Y REVISIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL, EPA, EE.UU.*



* Elaborado libremente a partir del artículo de E. L. Anderson «El control de la contaminación atmosférica en EE. UU.» en este mismo volumen.

aspiraciones y metas sociales, puede tener una cobertura local o incluso puntual y un carácter muy técnico y especializado.

Sobre la base de estas consideraciones parece adecuado proponer lo siguiente:

- a) Los *estándares primarios y secundarios de calidad ambiental* deberían ser propuestos por la institución especializada, en forma de un proyecto de ley, al ministerio del cual depende. Dicho proyecto, acompañado de un resumen de los criterios de calidad ambiental empleados como soporte, sería enviado por el Presidente de la República al Parlamento, en donde serían discutidos y, eventualmente, aprobados. De ser así, sería luego sancionado y promulgado como ley por el Presidente de la República. Las revisiones de los estándares, que deberían efectuarse periódicamente, seguirían el mismo proceso.
- b) Por su parte, *los estándares de emisión* podrían seguir un procedimiento administrativo que consistiría alternativamente en:
 - proposición, por parte del servicio público competente del estándar de emisión al ministerio del que depende administrativamente, para la dictación de un Decreto Supremo por parte del Presidente de la República, o bien
 - dictación de una Resolución Administrativa que contenga el estándar, por parte del servicio público competente, sin ulteriores trámites. En este caso, la institución que dicta la Resolución debería estar autorizada por ley para hacerlo.

Ya sea que se emplee el camino del Decreto Supremo o de la Resolución Administrativa, es conveniente hacer las siguientes recomendaciones:

- la institución responsable del proceso debería mantener la documentación completa de soporte del estándar disponible para consultas del público, instituciones y empresas interesadas;

- las personas, instituciones o empresas que se consideren afectadas por el estándar así dictado deberían poder iniciar un recurso judicial de impugnación de la norma y el juez tener la facultad para suspender la aplicación de la misma hasta dilucidar el conflicto. Para esto último, la ley debe autorizar al juez para decretar tal suspensión;
- el estándar debería ser aprobado por un Comité Científico-Técnico Asesor de la institución, conformado por personas de reconocida competencia, en forma previa a su dictación formal.

c) Por último, la publicidad necesaria para asegurar la transparencia del proceso y la participación de los afectados puede lograrse a través de un mecanismo como el siguiente:

Ya sea para los estándares de calidad ambiental o para los estándares de emisión, la institución responsable deberá publicar en medios de prensa de circulación nacional, con una anticipación de al menos, por ejemplo, 3 meses (a la fecha de despacho al ministerio del Proyecto de Ley para los estándares de calidad ambiental o a la fecha de sometimiento a la aprobación del Comité Científico-Técnico Asesor para los estándares de emisión), uno o varios avisos informando que se encuentra desarrollando un estándar ambiental relativo al tema correspondiente y señalando el lugar en que los antecedentes de soporte del mismo se encuentran para su consulta por los interesados. Otros mecanismos adicionales de publicidad, tales como la publicación de extractos de la norma y sus fundamentos, conferencias de prensa y seminarios de estudio, debieran ser recomendados.

1.5. Una mirada desde estas consideraciones hacia la proposición de una institucionalidad

Las consideraciones anteriores llevan a concebir una institución responsable de la proposición, revisión y eventual generación de estándares, que incluya entre sus funciones aquellas que son anteriores

y posteriores a los estándares, en el sentido del párrafo 1.1. y del esquema mostrado en el Gráfico 1.

Es decir, una entidad administrativa central en el sector ambiental que tenga el encargo de ejecutar las decisiones del Parlamento y del Gobierno en esta esfera, de estar atenta a nuevos desarrollos y proponer las medidas necesarias al Gobierno. Las actividades de la Administración del Medio Ambiente están demasiado relacionadas entre sí; los conocimientos y habilidades requeridos son bastante especializados y valiosos como para pensar en una gestión descentralizada a través de los ministerios sectoriales o en las autoridades regionales.

Se concibe a este organismo conforme a un modelo similar al de las «superintendencias»; relativamente autónomo aunque relacionándose con el Gobierno a través de un ministerio; su Administrador nombrado por el Presidente de la República; con una organización orientada al desarrollo, implantación y control de actividades de orden técnico y práctico.

No sería conveniente proponer la creación de un Ministerio del Medio Ambiente en este momento, aunque no puede descartarse que en un futuro más o menos cercano se imponga la necesidad de su creación además del organismo que se propone.

En efecto, la existencia del Ministerio del Medio Ambiente debiera ser la expresión de que el tema del Medio Ambiente ha echado verdaderas raíces en la población y ha adquirido relevancia tal en su cultura y sistema de valores que, por la fuerza de las cosas, los programas políticos deban expresarse a través de ese ministerio. Tal repartición pública es concebida como esencialmente política, investida de la responsabilidad ambiental a nivel de Gobierno para expresar los requerimientos e iniciativas del mismo en este campo. Su existencia será necesaria cuando la fuerza de las cosas la exija y «caerá por su propio peso», por así decirlo. Mientras tanto, no tenemos políticas de Gobierno, pero sí problemas concretos y graves en el medio ambiente. Se propone a continuación, en la segunda parte de este trabajo, un esbozo de institucionalidad para resolverlos.

II. INSTITUCIONALIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ESTÁNDARES, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

Los mecanismos para la generación de estándares están estrechamente ligados a la institucionalidad que se adopte para llevar adelante los proyectos del Medio Ambiente, razón por la cual se propondrá una institucionalidad que se estime eficiente y se discutirá la generación de estándares en torno a ella.

Institucionalidad para el manejo y control del medio ambiente

En primer lugar, en nuestra opinión, para que exista un efectivo control, entendiendo por tal no sólo la labor policial para el cumplimiento de las normas, sino, además, el velar permanentemente por mantener al día todo lo concerniente al área, debe existir un organismo especializado y técnico que retina los conocimientos más avanzados en la materia y que su organización sea simple y directa. Este debería reunir las diferentes especialidades, áreas y tipos de problemas de medio ambiente que existen, de manera de constituirse en un especialista eficiente y concentrado en la temática del medio ambiente.

Sus funciones serían de índole variada, como se verá a continuación, comprendiendo desde la labor de estudios para la materialización de proposiciones legislativas, pasando por el análisis legal y económico de estas proposiciones, hasta la labor propiamente contralora del cumplimiento de las normas en ejercicio.

Un primer temor que puede asaltar a quienes lean lo anterior es el poder que se supone podría detentar este organismo así concebido, y el eventual mal uso a que ello podría dar lugar. Sin embargo, lo anterior se puede controlar por la vía de las facultades ejecutivas finales que se le otorguen y, por otro lado, estableciendo mecanismos de apelación por parte de los fiscalizados ante los Tribunales de Justicia, que sean de trámite expedito, según lo defina la propia ley. En nada se diferencia este enfoque del tradicional de los otros organismos fiscalizadores, los que tienen a su cargo un área completa y dictan las normas de detalle para la interpretación de las leyes y la operación del sector.

En lo que se debe poner especial cuidado es qué materias se dejan bajo la ley o sujetas a la legislación, qué permanece dependiente del Reglamento o Decreto Supremo y qué se deja para normarse por circulares o resoluciones del organismo de control. Por esta vía se fiscaliza un exceso no deseado de poder del organismo contralor.

Organización

Se describirá a continuación la posible estructura del organismo contralor (O. C.), así como sus relaciones con otros entes fiscales.

En cuanto a dependencia, ésta podría estar radicada en algún ministerio; talvez Mideplan podría ser, por la amplitud de su cometido.

La dependencia debiera ser en todo caso general, existiendo autonomía de gestión y responsabilidades propias del O. C., tal como sucede con los organismos llamados «autónomos», que se relacionan con el Ejecutivo a través del ministerio encargado, pero que no dependen directamente del ministro. El personal debiera estar sujeto a un estatuto propio, del tipo de los restantes organismos fiscalizadores.

La organización del O. C. debería contar con los siguientes departamentos y funciones:

1. Departamento de Estudios y Proposiciones de Estándares Primarios.
2. Departamento de Estudios y Proposiciones de Estándares Secundarios.
3. Departamento de Evaluación Económica de Estándares en estudio por los dos departamentos antes mencionados.
4. Departamento de Análisis y Despacho de Estudios de Impacto Ambiental.
5. Departamento de Fiscalización en Terreno.
6. Departamento Legal.

Todos estos departamentos estarían bajo el control directo del Jefe del O. C., quien sería nombrado por el Presidente de la República.

Las funciones de cada uno de estos departamentos serían las siguientes:

1. Departamento de Estudios y Proposiciones de Estándares Primarios

En este departamento se estudiarían, por especialistas de planta algunos y otros contratados a honorarios para proyectos específicos, las normas a proponer y las modificaciones a efectuar a toda la normativa de estándares primarios. La idea es que en este departamento se contrate un cierto número de médicos especializados en el rubro, además de otros profesionales, que estudien la normativa de los países más avanzados en la materia, extraigan lo aplicable en Chile, efectúen sus propias investigaciones y, en definitiva, constituyan el mayor y más concentrado centro de información respecto de la materia en Chile.

Las proposiciones que de aquí emanen debieran pasar por dos filtros antes de salir del O. C. hacia el ministro y el Presidente y de aquí al Poder Legislativo. El primero es la evaluación económica que veremos luego y el segundo una evaluación legal que evite proposiciones que puedan estar violando garantías constitucionales, entre otras cosas.

Otra función de este departamento, en conjunto con estudios económicos y fiscalía, será proponer al jefe del servicio los planes de soluciones para la adecuación de los diferentes emisores existentes a los estándares que se establezcan. Estos planes deberán estar enmarcados dentro de la legislación en sus aspectos generales, de modo de evitar lo más posible la discrecionalidad del O. C. y se deberán contemplar, asimismo, en la legislación instancias de apelación adecuadas. Entre las cosas que el departamento tendría que hacer al respecto, está elaborar un cronograma y un gradiente desde los actuales rangos de emisión o perturbación excesivos, de acuerdo a las normas nuevas, hasta lo que estas normas establecen para las nuevas fuentes emisoras. Estas proposiciones deberán ser aprobadas tanto por el departamento de evaluación económica, luego de analizar los efectos económicos que provoca, como por fiscalía.

La ventaja de tener este departamento concentrado y especializado es evitar la dispersión actual en materia de normas y competencias, con la subsiguiente poca efectividad.

Debe enfatizarse que este departamento es solamente de estudios y proposiciones destinados a ir generando los estándares, no teniendo el O. C. facultades de dictación de normas, las que siempre debieran originarse a lo menos en decretos supremos, pero principalmente en el Parlamento cuando sean materias que acarreen consecuencias económicas relevantes a las empresas y personas.

2. Departamento de Estudios y Normas de Estándares Secundarios

Respecto de este departamento, caben exactamente los mismos comentarios que los referidos estándares primarios, ya que lo único que los diferencia es que la materia preservada es en un caso la salud humana y, en el otro, el resto de la naturaleza. La diferencia, por lo tanto, entre el personal de uno y otro debiera ser que en éste haya ingenieros forestales, médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, etc., en vez de principalmente especialistas en salud humana.

3. Departamento de Evaluación Económica de las Proposiciones de Estándares

El objetivo de este departamento es tener un cuerpo de ingenieros comerciales con especialidad en evaluación financiera de proyectos, que, estando al mismo nivel jerárquico que los departamentos ya mencionados, sean capaces de analizar las implicancias de costo-beneficio de las proposiciones formuladas para generar los estándares o interpretar la ley cuando ello correspondiere.

Es indispensable que un organismo como el que se está describiendo sea capaz de tener su propio criterio en materia económica. De lo contrario se corre indudablemente el riesgo que las proposiciones que de él emanen entren posteriormente en conflicto con los criterios técnicos de otros organismos, produciéndose una neutralización de los trabajos ya efectuados. Algo así parece estar ocurriendo en parte con la ley forestal, por falta de introducción de criterios económicos y legales a su debido tiempo.

La existencia de este departamento al interior del O. C. ayudará a una mayor madurez de las proposiciones que emanen para la generación de estándares.

4. Departamento de Análisis y Despacho de Estudios de Impacto Ambiental

Una de las formas que se han considerado para garantizar que los nuevos proyectos no causen daño al medio ambiente más allá de lo que las normas establezcan consiste en pedir a los proponentes del proyecto que sometán a estudio previo el impacto que el nuevo proyecto tendría y consecuentemente correspondería a este departamento re-

visar que los resultados del estudio permitan la aprobación o rechazo de éste. Para esto, dado el volumen de proyectos que habría que revisar y la necesidad de especializar personal que lo sepa hacer en forma rápida y eficiente, es conveniente que exista un departamento especializado en la materia.

Por otra parte, ya que los estudios de impacto ambiental serían hechos por firmas privadas especialistas, correspondería a este departamento llevar un registro de las firmas inscritas y aprobadas para someter este tipo de estudios. Debe tenerse, sin embargo, mucho cuidado en no establecer barreras artificiales a la entrada de nuevas firmas especialistas, ya que ello sólo elevaría el costo de los estudios, dificultando la creación de nuevos proyectos. Tanto los requisitos como el procedimiento para aceptar o rechazar la solicitud de alguna empresa evaluadora deben ser claros, transparentes, públicos y sometidos a posibilidades de apelación expeditas.

5. Departamento de Fiscalización en Terreno

Este departamento es el encargado de la fiscalización propiamente tal, correspondiéndoles a sus funcionarios visitar las empresas, analizar las fuentes de contaminación, tomar las muestras, efectuar las mediciones, analizar los resultados de los muestreos y sacar las conclusiones que correspondan.

Como se puede ver, se requieren técnicos de diferentes especialidades según sea la materia investigada, así como laboratoristas y desde luego un laboratorio central que analice las muestras y redacte las conclusiones.

Este departamento será el más grande del O. C., dependiendo el número de sus funcionarios de la cantidad de empresas por fiscalizar y de la frecuencia con que sea necesario visitar cada una. A título de ejemplo, podríamos pensar en un universo de 1.000 empresas, que requieran una visita semestral, al menos en un comienzo, disminuyendo la frecuencia posteriormente.

Si suponemos que cada visita a una empresa requiere de 2 días en terreno y de 4 días en la oficina, es decir, una semana por empresa, y si queremos cubrir 1.000 empresas en 6 meses, y si cada visita está formada por dos profesionales, se necesitarían 90 profesionales para recorrer las 1.000 empresas en los 6 meses. A esto deberían agregarse unas 15 personas de laboratorio, lo que daría un total de 105 profesionales para este departamento.

Otra de las funciones que deberían realizar los fiscalizadores al visitar las empresas es revisar el balance de permisos de emisión, considerando las transacciones de estos derechos que pudieren haber efectuado las empresas.

6. Departamento Legal o Fiscalía

Este departamento, constituido por abogados, es el encargado de velar por que todo el accionar del O. C. se enmarque dentro de la legalidad, en particular que las proposiciones de normas respeten los derechos constitucionales y legales de las partes afectadas.

Del mismo modo que el Departamento de Evaluaciones Económicas, constituirá un filtro previo a las proposiciones que emanen de este organismo.

Otras funciones de este Departamento son velar por que la aplicación de sanciones por incumplimiento a la legislación corresponda efectivamente y defender posteriormente la posición del O. C. ante los tribunales en caso de apelaciones por las partes afectadas por las sanciones.

El tamaño que debería tener el O. C. no es superior a lo que son otros organismos, como la Superintendencia de Bancos, Impuestos Internos, etc.

Así, el Departamento de Normas Primarias debería contar con no más de 15 profesionales; el de Normas Secundarias, con no más de 10; el de Evaluaciones Económicas, con 7 especialistas; el de Evaluaciones de Impacto Ambiental, con aproximadamente 20 profesionales; el de Fiscalización, con unos 115, y la Fiscalía, con unos 5 abogados, lo que da alrededor de 170 profesionales, más administrativos, secretarías y otros, lo que en total podría alcanzar a unas 300 personas.

Comentarios a la institucionalidad propuesta en el proyecto de ley del medio ambiente

Finalmente, parece indispensable comentar la proposición sobre la estructura del sector que propone el proyecto de ley sobre medio ambiente y por qué, a nuestro juicio, dicha estructura resultará totalmente inoperante.

En primer término se propone la creación de un organismo

llamado Comisión Nacional de Medio Ambiente, cuyas funciones son poco definidas y menos ejecutivas y cuya dependencia es difusa, al estar controlada por todos los ministros integrando un consejo.

En segundo lugar, las labores relevantes siguen dispersas entre un sinnúmero de organismos que toman parte, como SAG, CONAF, Intendencias, etc.

Entrando un poco más al detalle de estos problemas, la Conama no se hace cargo de los problemas y de su solución, sino que «coordina» a otros organismos, algunos de los cuales se crearán al interior de los ministerios para los problemas ambientales.

Difícil dejar una situación más en la penumbra e indefinición que ésta.

Se necesita responsabilizar a alguien que efectivamente haga las cosas, no que «coordine».

Consecuentemente con el espíritu de indefinición anterior, llegado el momento de definir quién dirige ese organismo, se forma un Consejo Directivo, formado por la mitad o más del gabinete, lo que equivale a decir que no lo dirige nadie, ya que evidentemente los ministros se reunirán para estos efectos pocas veces y, cuando lo hagan, no serán especialistas en el tema y se limitarán a comentarios generales y a aprobar lo que proponga el Secretario General. Existe abundante experiencia en organizaciones parecidas. Una de ellas era la del Conpan, cuya dependencia era así de difusa y en la cual las reuniones del consejo de ministros, una o dos en el año, nada aportaban, quedando en la práctica todo el poder radicado en la administración. Es una buena manera de aparentar gran control y representatividad, no existiendo ni el uno ni el otro.

La forma de evaluar los estudios de impacto ambiental es también difusa, ya que en algunos casos los aprueba el Intendente, previa consulta a un conjunto variado de distintos organismos, y en otros (¿los de impacto suprarregional?) los revisa Conama, también sobre la base de diferentes opiniones de terceros. Esto crea una anarquía en el tema, ya que difícilmente coincidirán los criterios de tantas agencias involucradas y resultará una labor imposible hacerlas a todas adoptar un mismo criterio.

Nuevamente falta aquí el organismo único responsable del tema, que ejecute y resuelva sujeto a la ley, y no que se defina como meramente coordinador, a pesar de estar dirigido por buena parte del Poder Ejecutivo.



La agenda ambiental (*)

Dean Abrahamson

Dean Abrahamson es profesor de Asuntos Públicos en el H. Humphrey Institute of Public Affairs, University of Minnesota. Además, se desempeña como Profesor visitante del Departamento de Estudios de Medio Ambiente y Sistemas de Energía, Lund University, Institute of Science & Technology y es miembro del Directorio del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales.

La Fundación Joyce Mertz-Gilmore ha colaborado con mi trabajo durante muchos años; reconozco agradecido este apoyo.

El Instituto Humphrey de la Universidad de Minnesota está abierto a diversas opiniones y aspiraciones. El Instituto mismo no toma posiciones sobre temas de política relacionados con el sector público. Los contenidos de este trabajo son responsabilidad del autor.

(*) Partes de este trabajo fueron publicadas anteriormente en Dean Abrahamson, «El Nuevo Programa Ambiental», *Juez y Jurado de Minnesota*, Vol. 47, N° 6, pp. 22-27, julio 1990, y Dean Abrahamson, «Los Riesgos Exigen Acción», *Health and Environment Digest*, Vol. 5, N° 3, pp. 5-6: abril 1991.

Introducción

Ricardo Katz, al invitarme a hacer esta presentación, me pidió que diera mi opinión sobre «el cuadro general de los problemas globales y locales del medio ambiente». He intentado cumplir con su petición.

El énfasis recae aquí sobre la política de recursos energéticos y sus consecuencias en el medio ambiente. Esto se debe, en parte, a que ésta es mi principal especialidad, pero también a que el origen de muchos problemas locales y globales del medio ambiente pueden ser encontrados directamente en las elecciones que hemos hecho en el pasado respecto del abastecimiento de energía primaria y en cómo hemos manejado, o no hemos logrado manejar, los diversos ciclos energéticos. Por mucho tiempo, la energía ha jugado un papel principal en el desarrollo industrial y en la influencia sobre la economía y planificación estratégica internacional.

Hoy en día nuestros sistemas de energía son reconocidos como una causa fundamental de los problemas locales y globales del medio ambiente.

Se pone mucho énfasis en la necesidad de limitar el cambio climático global. Este es el desafío ambiental potencialmente más perturbador que enfrenta actualmente la sociedad. Le recuerdo al lector que el calificativo —si la comprensión científica actual del efecto invernadero y del cambio climático global es aproximadamente correcta, y si las sociedades eligen intentar y evitar lo que podrían ser efectos catastróficos del cambio climático, entonces... — podría ser inserto en diversas partes a lo largo de este trabajo.

El problema

Hace un siglo, la contaminación era principalmente un asunto de basura en el patio de atrás. El ambientalismo encontró su expresión a través de la conservación de paisajes únicos, como parques nacionales, y de la creación de zoológicos y monumentos. Hoy en día la biodiversidad global y ecosistemas completos se están perdiendo como resultado de la rápida expansión de la iniciativa humana.

Hacia los años 50, la contaminación comenzó a afectar grandes áreas, cuencas de ríos y cuencas atmosféricas completas, y se emprendieron los primeros esfuerzos serios para estudiar estos «insultos» en muchos países. Los años 70 hicieron comprender que la contaminación era una amenaza importante para la salud,¹ el bienestar económico y nuestro patrimonio natural. Las instituciones establecidas en ese tiempo —el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), organismos nacionales y locales para el control de la contaminación y una serie de organizaciones no gubernamentales— han sido testigos de un empeoramiento general de la contaminación, a pesar de los grandes gastos en talento y dinero,² en gran medida porque nuestros esfuerzos no se han centrado en reducir la contaminación en sus orígenes.³

Es doloroso darse cuenta de que los temas convencionales de contaminación —aprovechamiento del agua, residuos sólidos, contaminación del aire, lluvia ácida y otros— son de alguna manera triviales, y, sin embargo, el manejo que hemos hecho de ellos ha sido trágico. Son triviales no en sus consecuencias, sino porque hemos sabido de sus causas, de los efectos, de los impactos; hemos tenido los conocimientos para corregir esas situaciones, y hemos sabido los costos económicos tanto de los efectos como de las soluciones; sin embargo, no hemos logrado elegir políticas racionales respecto del medio ambiente y de los recursos naturales.

¹ Leaf Alexander, *Potential Health Effects of Global Climatic and Environmental Change*, New England Journal of Medicine 321(23), pp. 1.577-1.583 (7 dic. 1989); White James C. [ed], *Global Atmospheric Change and Public Health*, Elsevier, Nueva York (1990).

² Para una discusión especialmente lúcida, véase: Commoner, B. *Making Peace with the Planet*, The New Press, Nueva York (1992).

³ Véase, por ejemplo: U.S. Environmental Protection Agency, *Pollution Prevention Policy Statement*, 54 FR 3845, United States Federal Register, Washington, D.C. (26 enero 1989).

Casi todas las políticas para el control de la contaminación y para la asignación de recursos han sido orientadas por análisis microeconómicos, neoclásicos convencionales. Estos, casi sin excepción, no conceden valor al agotamiento de recursos naturales, no incluyen costos ambientales y sociales externos y descartan el futuro para dejar realmente los beneficios ambientales posteriores en cero.⁴ El resultado ha sido una serie de concesiones (*tradeoffs*) en el margen, echando pedazo a pedazo nuestro capital de recursos naturales en hogueras alimentadas por intereses económicos de corto plazo.⁵ Entre las conclusiones más perversas que resultan de la toma de decisiones microeconómicas tradicionales en el área del medio ambiente se encuentra la de fomentar la migración de industrias sucias a países en vías de desarrollo.⁶

Como si esto no fuera suficiente, sabemos hoy que el programa ambiental incluye no sólo los temas tradicionales de conservación y control de la contaminación —y que cada día se hacen más graves—, sino también los cambios provocados por el hombre que afectan sistemas globales completos. Estos temas —cambio climático global, agotamiento del ozono estratosférico, pérdida de la diversidad biológica, acumulación general de productos químicos tóxicos— son fundamentalmente diferentes de los temas convencionales de contaminación. Amenazan la integridad de sistemas globales completos, de los cuales dependen todos los sistemas biológicos, económicos y políticos. Están haciendo que, globalmente, todos los países sean vulnerables a las acciones de todos los demás. Son irreversibles en tiempos de pertinencia social, política y económica, y no tienen soluciones técnicas, en el sentido de que las

⁴ R. Repetto, «Accounting for Environmental Assets», *Scientific American* 266, pp. 64-70 (junio 1992); H. Daly, y J. B. Cobb, *For the Common Good: Redirecting the Economy Towards Community, The Environment, and a Sustainable Future*, Beacon Press, Boston (1989); J. von Amsberg, *The Economic Evaluation of Natural Capital Depletion: An Application of the Sustainability Principle*, University of British Columbia Faculty of Commerce and Business Administration, pp. 402-2.053, Canadá, manuscrito (23 julio 1992).

⁵ H. E. Daly, *Steady-State Economics* (2nd Ed.), Island Press, Washington, D.C. (1991).

⁶ Un reciente informe sobre esta conclusión formó parte de un memorándum escrito por Lawrence Summers, economista jefe del Banco Mundial, y apareció publicado en *The Economist*, 8 febrero 1992, U.K. página 8, y 15 de febrero 1992, U.K. páginas 4 y 14.

tecnologías convencionales para el control de la contaminación vayan a reducirlos efectos.

Los temas ambientales locales y mundiales son similares porque se originan del uso continuo de tecnologías erróneas que se utilizan para lograr el objetivo equivocado (crecimiento en vez de desarrollo). Estos problemas no pueden ser solucionados agregando un dispositivo en el extremo de un tubo de desagüe o chimenea o perdiendo el tiempo en el margen microeconómico. La solución exige reducir el uso de, y en algunos casos abandonar, las tecnologías que han dado origen a los problemas y desarrollar nuevos medios para lograr más bien un desarrollo equitativo antes que simplemente un crecimiento.

El aumento observado en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y otros gases de invernadero significa que las emisiones provenientes de actividades humanas son más numerosas de lo que la Tierra es capaz de eliminar.

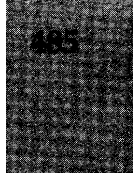
Se ha excedido un límite de crecimiento.⁷ El uso de nuestros actuales medios de producción por parte de la población en aumento a nivel mundial y su creciente consumo per cápita han producido insultos al medio ambiente que, evidentemente, no son sostenibles.

Los límites y sus consecuencias están siendo reconocidos. Asimismo, se considera que los límites al crecimiento no son límites al desarrollo. Se puede afirmar que el reconocimiento más importante a la fecha ha sido la Convención Internacional sobre Cambio Climático, que exige la más amplia cooperación posible de todos los países y su participación eficaz en buscar respuestas a fin de proteger el sistema climático para las generaciones presentes y futuras.

La respuesta al cambio climático global

Las actividades humanas arrojan a la atmósfera una cantidad de contaminantes que bloquean el calor. El resultado es una Tierra más caliente, la que tendrá un clima distinto, diferentes patrones de precipitación, una mayor frecuencia de acontecimientos climáticos que en el pasado se consideraban extremos: diferentes caudales de ríos,

⁷ Dean Abrahamson, *The Challenge of Global Warming*; Island Press, Washington, D. C. (1989).



diferentes niveles de lagos, diferente nivel del mar, diferentes bosques, diferentes condiciones para la agricultura, diferente distribución geográfica para los insectos. Las condiciones límites dentro de las cuales han evolucionado los sistemas ecológicos y humanos durante miles de años están cambiando rápidamente.⁸

El efecto invernadero ha sido estudiado y comprendido por cerca de cien años.⁹ La base científica para el cambio climático que resulta del efecto invernadero ha sido sometida a repetidas revisiones por parte de instituciones científicas competentes en muchos países.¹⁰ La Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) auspiciaron un Foro Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y concluyeron:¹¹

Estamos seguros de lo siguiente:

- Existe un efecto de invernadero natural que ya mantiene a la Tierra más caliente de lo que normalmente estaría.
- Las emisiones provocadas por las actividades humanas están aumentando substancialmente las concentraciones atmosféricas de los gases de invernadero: dióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos (CFCs) y óxido nitroso. Estos aumentos van a intensificar el efecto de invernadero, provocando, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie de la

⁸ Los resúmenes más completos son los del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC):

J. T. Houghton, *et al.* [eds], *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge (1990).

W. J. McG. Tegart, *et al.* (eds.), *Climate Change: The IPCC Impacts Assessment*, Australian Government Printing Service, Canberra (1990)

J. T. Houghton, *et al.* [eds], *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge (1992).

⁹ Arrhenius, S., «On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground», *London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, pp. 237-276 (1886).

¹⁰ Los de la U.S. National Academy of Sciences/National Research Council incluyen: *Carbón Dioxide and Climate: A Scientific Assessment* (1979); *Carbón Dioxide and Climate: A Second Assessment* (1982); *Changing Climate* (1983); *Current Issues in Atmospheric Change* (1987), todos de la National Academy Press, Washington, D.C.

¹¹ IPCC, *op cit.*

Tierra. El principal gas de invernadero, el vapor de agua, aumentará en respuesta al calentamiento global y lo intensificará aún más.

Existen, por supuesto, dudas sobre la magnitud y *timing* del calentamiento global y sobre los detalles de los cambios resultantes en otros parámetros climáticos. Las dudas han sugerido respuestas de políticas, aunque algunos argumentan que ellas son demasiadas para justificar la acción en este momento, o que el costo económico de reducir el efecto invernadero y otros contaminantes globales es simplemente muy alto. William Cooper, miembro del Consejo Asesor de Ciencias de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente en Estados Unidos, resumió.¹²

[Con temas tales como el cambio climático global] uno no se preocupa de estar en lo correcto. Simplemente no se quiere estar equivocado. Cuando el costo de estar equivocado se hace demasiado alto, uno evita el riesgo sin importar el costo.

La evidencia científica ha sido considerada suficiente para provocar esfuerzos nacionales e internacionales para reducir las emisiones de gases de invernadero, como un primer paso hacia la estabilización de las concentraciones atmosféricas de los gases de invernadero más importantes. Más de veinte países ya se han comprometido a reducir sus emisiones, en algunos casos en veinte por ciento o más para la próxima década, como un primer paso hacia las reducciones que se necesitarán para estabilizar las concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera.¹³ Prácticamente todos estos compromisos se llevarán a cabo reduciendo el consumo de petróleo y carbón, que son las fuentes de más de la mitad de todos los gases de invernadero, a través de mejoramientos rentables para lograr un uso final eficiente de energía, y cambiando a gas natural como parte de la transición a un suministro de energía renovable libre de gases de invernadero, basado en la energía solar.

¹² Según lo citado en William Stevens, «What Really Threatens the Environment?». *New York Times*, B7 (29 enero 1991).

¹³ Véase por ejemplo, *Carbón Dioxide Stabilization/Reduction Targets*, World Resource Institute, Washington, D.C. (10 de enero 1991).

Hoy en día, el compromiso de reducir las emisiones de gases de invernadero es reconocido formalmente como un objetivo mundial.¹⁴

El objetivo final de esta Convención [Internacional sobre Cambio Climático]... es lograr... la estabilización de las concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera a un nivel que evitaría una peligrosa interferencia antropogénica con el sistema climático... a fin de permitir que los ecosistemas se adapten en forma natural al cambio climático, para asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada, y para hacer posible que el desarrollo económico prosiga de una manera sostenible.

Este objetivo orientará —y hará necesarias— cada vez más políticas ambientales, industriales y de desarrollo.

Estabilización de las concentraciones de gases de invernadero

El IPCC ha calculado las reducciones de emisiones que serían necesarias para estabilizar las concentraciones atmosféricas de los principales gases de invernadero. Las emisiones de dióxido de carbono tendrían que reducirse en más de 60%; las emisiones de metano en 15 a 20%; el óxido nitroso en 70 a 80%; las emisiones de los principales CFCs tendrían que eliminarse y tendrían que lograrse grandes reducciones en las emisiones de los otros gases de invernadero.¹⁵

Esto parece benigno, siempre que el tema sea proyectado en los términos abstractos de los contaminantes químicos. No nos relacionamos muy bien con ellos. Sin embargo, sí lo hacemos íntimamente con las actividades que dan origen a estos contaminantes.

El uso de combustible fósil produce emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, y es responsable de casi todo el ozono troposférico. El uso de combustible fósil produce alrededor de 60% del calentamiento global.

¹⁴ *Framework Convention on Climate Change*, Artículo 2.

¹⁵ IPCC, *op cit.*

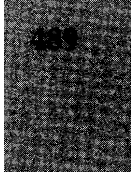
La deforestación, destrucción de bosques de edad madura, en el noroeste de Estados Unidos, Canadá, Siberia, los trópicos y en otras partes, producen dióxido de carbono, metano y otros gases de invernadero. El uso de fertilizantes de nitrógeno en la agricultura, y otras fuentes de nitrógeno del suelo, produce gran parte de las liberaciones de óxido nitroso. La agricultura también es responsable de grandes emisiones de metano. Las prácticas agrícolas son responsables de aproximadamente 15% del calentamiento de invernadero, y la deforestación de otro 10%.

El análisis del IPCC demostró que lograr la estabilización de las concentraciones atmosféricas de los principales gases de invernadero para el año 2100 requerirá:¹⁶

- Un cambio de fuentes de energía fósil a no fósil en la primera mitad del próximo siglo.
- Lograr grandes aumentos en la eficacia del uso final de energía.
- Controles rigurosos de las emisiones de monóxido de carbono.
- Detener la deforestación y comenzar la reforestación.
- Eliminar progresivamente los CFCs.
- Implementar medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero provenientes de la agricultura.

Estas medidas también contribuirán en amplio margen a la resolución de muchos «insultos» tradicionales al medio ambiente. La contaminación del aire en las ciudades, la lluvia ácida, los derrames de petróleo, las presiones en parques y otras áreas naturales serán todos disminuidos en forma paralela a la reducción en el uso de combustible fósil. Detener la destrucción de bosques de edad madura sería de gran utilidad para reducir la velocidad de extinción de las especies. Las presiones sobre parques y áreas naturales se reducirán a medida que la demanda de combustible fósil disminuya. El agotamiento del ozono estratosférico se reducirá a medida que se disminuyan las emisiones de los CFCs.

¹⁶ IPCC Scientific Assessment (1990), *op cit.*, en definiciones de escenarios.



Consecuencias para una política de energía

El uso de energía ha sido un índice directo de la producción industrial que ha crecido casi 50 veces en los últimos 100 años. Cuatro quintos de ese crecimiento vienen desde 1950, casi todo basado en combustibles fósiles.

Actualmente, el uso de combustible fósil produce aproximadamente el 80% de la energía primaria mundial y es responsable de cerca del 60% del calentamiento de invernadero. La mayoría de las naciones está proyectando grandes aumentos en la quema de carbón,¹⁷ aunque se sabe que éste es el más nocivo de los combustibles fósiles convencionales, desde el punto de vista de su efecto en el medio ambiente en general y desde su efecto de invernadero en particular. A menos que nuestra comprensión científica del efecto invernadero esté tremendamente equivocada, la limitación del cambio climático global requiere que la quema de carbón sea restringida lo más rápidamente posible y que el uso global de los otros combustibles fósiles sea reducido a una fracción de los niveles actuales.

De manera que, ¿dónde obtener nuestra energía? Si los combustibles fósiles deben permanecer en la tierra, sólo existen otras dos fuentes de energía primaria capaces de desplazarlos: la energía nuclear con reactores reproductores y las fuentes de energía renovable. Hay muchas fuentes de energía renovable (geotérmica, mareas, hidrofuerza, energía eólica, células fotovoltaicas, biomasa, calefacción solar directa). La biomasa, la energía eólica y la conversión fotovoltaica tienen el potencial para satisfacer una gran parte de las necesidades energéticas mundiales.

La opción nuclear

El grupo de presión pro energía nuclear está tratando de sacar partido del efecto de invernadero,¹⁸ pero la energía nuclear carga,

¹⁷ Para una visión «negocios como de costumbre» de nuestro futuro energético, véase, por ejemplo: C. Starr, M. F. Searl y S. Alpert «Energy Sources: A Realistic Outlook», *Science* 256, pp. 981-987 (15 mayo 1992).

¹⁸ Véase, por ejemplo: *Strategic Plan for Building New Nuclear Power Plants*, Nuclear Power Oversight Committee, Washington, D.C. (noviembre 1990).

a su vez, con serios problemas técnicos, ambientales, políticos y de salud pública.

Se producen grandes cantidades de residuos radiactivos tóxicos y, a pesar de casi cuarenta años de trabajo, aún no existe en el mundo un depósito para desechos de alta radiactividad.¹⁹

Los accidentes en Chernobyl, Three-Mile Island y en otros lugares han dado pruebas fehacientes de lo inapropiado de los sistemas reactores actuales. Una nueva generación de reactores, que, se afirma, son intrínsecamente seguros, está en borradores, pero tales afirmaciones deben ser confirmadas.²⁰

El aislamiento de desechos radiactivos y reactores más seguros son por lo menos teóricamente susceptibles de ser sometidos a evaluaciones técnicas, pero el riesgo irreductible de la energía nuclear es la proliferación de armas y la desviación de los combustibles nucleares.²¹ Un compromiso global con la energía nuclear —incluso si fuera económica y técnicamente posible— probablemente tendría la consecuencia de que cualquiera que quisiera contar con armas nucleares tendría acceso a ellas. Esto incluye no sólo a los estados-naciones, muchos de los cuales podrían tener hoy estas armas si realmente las quisieran, sino también a las organizaciones subnacionales. Como aparentemente no hay solución para este problema, el único remedio sería el enérgico ejercicio de los poderes policiales del Estado.²² Son estas inquietudes las que han hecho que la energía nuclear no sea aceptada, salvo muy pocas excepciones, ya sea en la comunidad o en el mercado.²³

¹⁹ W. Hafele, «Energy from Nuclear Power», pp. 95-106 en *Energy for Planet Earth*, W.H. Freeman and Co., New York (1991).

²⁰ A. Martensson, «Inherently Safe Reactors», *Energy Policy*, pp. 660-671 (julio 1992).

²¹ R. H. Williams, y H. A. Feiveson, «How to Expand Nuclear Power without Proliferation», *The Bulletin of the Atomic Scientists* 46, pp. 40-45 (1990).

²² Russell W. Ayres, «Policing Plutonium: The Civil Liberties Fallout», *Harvard Civil Rights-Civil Liberties Law Review* 10, pp. 369-443 (1975).

²³ Para un análisis reciente, véase H.W. Kendall, «The Failure of Nuclear Power», pp. 163-218 en *Risk, Organizations and Society*, M. Shubik [ed], Kluwer Academic Publishers, Boston (1991); Un análisis detallado de las medidas consideradas necesarias si la energía nuclear ha de tener futuro se encuentra en: Committee on Future Nuclear Power Development, *Nuclear Power: Technical and Institutional Options for the Future*, National Academy Press, Washington, D. C. (1992).

Fuentes de energía renovable

Hace una década no habría sido creíble afirmar que existía la tecnología para satisfacer económicamente las necesidades energéticas globales con fuentes de energía renovable. Ya no más. Un importante análisis, encargado por la Asamblea General de las Naciones Unidas y realizado por expertos de reconocimiento internacional, como contribución a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED), concluyó:²⁴

Si la economía mundial se expande para satisfacer las aspiraciones de los países alrededor del globo terráqueo, es probable que la demanda de energía aumente aun cuando se hagan grandes esfuerzos por aumentar la eficiencia en el uso de energía. Con el respaldo adecuado, las tecnologías de energía renovable pueden satisfacer gran parte de la creciente demanda a precios más bajos que los que generalmente se prevén para la energía convencional. A mediados del siglo 21, las fuentes de energía renovable podrían representar tres quintos del mercado de electricidad del mundo y dos quintos del mercado de combustibles usados directamente. Además, una transición hacia un sistema de energía centrado en las fuentes de energía renovable proporcionaría beneficios ambientales no medidos en las cuentas económicas ordinarias... y dichos beneficios podrían ser logrados sin costo adicional.

La conclusión del Grupo de Energía Solar de las Naciones Unidas (UNSEG) no es única. La Conferencia de Energía Mundial (WEC) de 1992 ha evaluado también el potencial para las fuentes de energía renovable, y ha concluido que si las políticas de suministro de energía llegan a ser impulsadas por inquietudes ecológicas, para el año 2030 las fuentes de energía renovable podrían suministrar el 30 % de toda la

²⁴ T. B. Johansson, H. Kelly, A. K. N. Reddy y R. H. Williams, «Renewable Fuels and Electricity for a Growing World Economy: defining and Achieving the Potential», Capítulo 1 en: United Nations Solar Energy Group for Environment and Development, *Renewables for Fuels and Electricity*, T. B. Johansson *et al.* [eds], Island Press, Washington, D.C. (1992).

energía primaria global.²⁵ Esta conclusión no tiene grandes diferencias con la del UNSEG.

Latinoamérica está en una posición particularmente favorable para reemplazar el suministro de energía convencional por fuentes de energía renovable. El estudio hecho por las Naciones Unidas en 1992 estimó que, para el año 2050, el 56% de la electricidad de Latinoamérica y el 80% de los combustibles usados directamente pueden ser económicamente producidos a partir de fuentes de energía renovable, en su mayor parte de biomasa. [Apéndice A] Esto se podría lograr mientras se suministra la energía necesaria para sostener los aumentos de población previstos y un gran aumento del PIB per cápita. Este cambio a fuentes de energía renovable también reducirá las emisiones de dióxido de carbono per cápita en aproximadamente 50%; la contaminación del aire se reduciría bastante, mejoraría la balanza de pagos y la seguridad nacional, y se crearían trabajos productivos.

Es importante reconocer las consecuencias para el desarrollo económico de las fuentes de energía renovable. El grupo de Energía Solar de las Naciones Unidas incluye, dentro de los «Beneficios de la Energía Renovable no Captados en las Cuentas Económicas Ordinarias», lo siguiente:²⁶

La producción de energía renovable, particularmente de biomasa, puede proveer desarrollo económico y oportunidades de empleo, especialmente en zonas rurales, que de lo contrario tienen pocas oportunidades de crecimiento económico. De este modo, la energía renovable puede contribuir a reducir la pobreza en zonas rurales y a reducir las presiones para emigrar a las ciudades.

Una oportunidad para Chile: Metanol de los árboles

Chile tiene una excelente oportunidad para dar los primeros pasos hacia la independencia de los productos importados derivados del petróleo, para generar empleos y desarrollo, y para hacer importantes reducciones en las emisiones de gases de invernadero prove-

²⁵ World Energy Conference Commission, *Energy for Tomorrow's World: Draft Summary Global Report*, World Energy Conference, Londres (septiembre 1992).

²⁶ UNSEG, *op. cit.* en Capítulo 1.



nientes de la producción de energía, a través del cultivo y conversión de biomasa en metanol a fin de desplazar los combustibles de petróleo utilizados en el sector transportes.

La dependencia respecto de los combustibles fósiles para transporte conduce a temas de seguridad nacional y de balanza de pagos, contaminación del aire en las ciudades, cambio climático global ocasionado por gases de invernadero y a otros gastos externos relacionados con el medio ambiente. Todos estos problemas se reducirán en gran medida y algunos desaparecerán con el reemplazo de combustibles fósiles por energéticos renovables.

Uno de los combustibles alternativos más atractivos es el alcohol metílico (metanol) producido a partir de biomasa, la que se cultivaría ininterrumpidamente, se gasificaría y luego los productos gaseosos se convertirían en metanol. Esto constituiría el primer gran paso de Chile hacia la conversión de combustibles para transporte, desde los basados en el petróleo a combustibles renovables.

Especialmente significativas son las reducciones en las emisiones de dióxido de carbono y de partículas. El metanol producido de biomasa y utilizado en vehículos de transporte producirá poca o ninguna emisión neta de dióxido de carbono si la biomasa se cultiva a la misma velocidad promedio a la que se consume como metanol.

Si todo el petróleo para transporte usado hoy en Chile fuera reemplazado por metanol derivado de biomasa, las emisiones de dióxido de carbono en Chile llegarían a unos 9 millones de toneladas o aproximadamente 30% más bajas que en la actualidad. Las materias básicas de biomasa requeridas anualmente para producir esta cantidad de metanol alcanzarían unos 17 millones de metros cúbicos, lo cual representa alrededor de 30% del crecimiento progresivo anual actual total estimado (56 millones m³) en los 5,5 millones de hectáreas arboladas en Chile. Adicionalmente, unos 4 millones de hectáreas de tierra previamente plantada podrían ser recuperadas en bosque productivo. Si se incluye la producción potencial de biomasa en esta zona, los requerimientos de materias básicas de biomasa para la producción de metanol serían menos de 15% del crecimiento progresivo anual potencial total de árboles en Chile.

El metanol también tiene beneficios relacionados con la contaminación local cuando se utiliza como combustible para el transporte en motores de combustión interna. Especialmente significativas son las reducciones de material particulado cuando se utiliza metanol

en vez de combustible diesel. En el largo plazo el metanol podría ser usado como un portador del hidrógeno utilizado en vehículos con células energéticas, que producirían vapor de agua como única emisión del tubo de escape.

Otros beneficios posibles de la producción de metanol a partir de biomasa incluyen la generación de empleos asociados con la producción de árboles: recuperación de la tierra, si es que los árboles se cultivan en tierras actualmente deforestadas o empobrecidas; ahorro de divisas al no importar petróleo; una mayor seguridad en el abastecimiento de combustible para vehículos, y en el largo plazo, a medida que el metanol pase a ser un producto energético global importante, Chile podría convertirse en un proveedor global de importancia. En el mediano plazo, la biomasa y el gas natural podrían llegar a ser fuentes complementarias del metanol en Chile, asumiendo la biomasa el rol dominante en un plazo más largo.

Las estimaciones preliminares del costo para producir metanol a partir de biomasa usando gasificadores indirectamente calentados indican que se podría producir metanol a un valor entre US\$ 7/GJ (US\$ 0,13/litro) y US\$ 10/GJ (US\$ 0,18/litro), asumiendo 15% de tasa de descuento del capital y un costo de materias básicas de US\$ 2/GJ (US\$ 40/toneladas secas, precio típico de las astillas derivadas de plantaciones puestas en el aserradero en Chile hoy). La estimación de costos más baja es para una capacidad de planta de 9.000 toneladas secas/día alimentadas a leña (5.000 toneladas/día de producción de metanol). El costo más alto es para una capacidad de planta de 1.650 toneladas secas/día alimentadas a leña (950 toneladas/día de metanol). Debido a que el metanol tiene una densidad volumétrica de energía que es aproximadamente la mitad de la de la gasolina, y a que los motores de combustión interna a metanol serían cerca del 20% más eficientes que los vehículos a gasolina, el costo del metanol sobre una base por litro debe ser 0,6 ($0,5 \times 1,2 =$) veces el costo de la gasolina para ser considerado competitivo en función de los costos con la gasolina. Así, para un costo de producción de metanol de US\$ 0,13-0,18/litro, el costo equivalente en gasolina sería de US\$ 0,21-0,30/litro. Para hacer una comparación, con el petróleo crudo a US\$ 25/barril, el costo de la producción de gasolina es de aproximadamente US\$ 0,20/litro. El costo de producir gasolina reformulada es alrededor de US\$ 0,24/litro.

El metanol a partir de biomasa no sería competitivo en términos de costos con el gas natural, a menos que los costos del gas

fueran mayores que US\$ 2/GJ (sin considerar el costo ambiental de las externalidades asociadas con los combustibles fósiles). Sin embargo, a medida que el gas natural y el petróleo se hacen cada vez más escasos, se puede esperar que los precios del gas aumenten sobre US\$ 2/GJ. Por otro lado, el metanol producido de biomasa hoy sería menos costoso que el metanol producido de carbón.

El metanol derivado de gas de bajo costo en Chile podría, en un mediano plazo, complementar al metanol derivado de biomasa. Sin embargo, la biomasa será de interés a largo plazo, ya que el uso de gas natural para producir metanol proporciona poco o ningún beneficio de invernadero en relación a la gasolina.

Aumento de la eficiencia en el uso final de la energía

Aumentar la eficiencia con la cual se usa la energía también es importante. A la mayoría de nosotros no nos preocupa la energía, pero sí nos interesan los servicios que ella provee —trabajos, industrias eficientes, iluminación, calefacción, transporte, cerveza helada, sistemas amplificadores, baños calientes— y actualmente existen miles de tecnologías y técnicas para reducir el consumo de energía sin pérdida en el nivel de los servicios energéticos.²⁷

La iluminación consume entre el 10 y 20% de la electricidad usada en los países industrializados. Casi todas nuestras casas, oficinas, fábricas, edificios institucionales y comerciales son iluminados con ampolletas convencionales incandescentes o fluorescentes. Las ampolletas fluorescentes compactas, las resistencias electrónicas, y otros dispositivos que hoy existen en el mercado, pueden proveer la misma calidad y cantidad de iluminación, al mismo tiempo que reducen el consumo de energía y la contaminación hasta el 80%, disminuyendo, a la vez, en gran parte el costo económico de la iluminación.²⁸

Hay muchos otros ejemplos. Los motores eléctricos son,

²⁷ T. B. Johansson, B. Bodlund y R. H. Williams [eds]. *Electricity: Efficient End-Use and New Generation Technologies and Their Planning Implications*. Lund University Press, Lund, Suecia (1989); Un resumen reciente de algunas de las principales opciones se encuentra en el apéndice a: Panel on Policy Implications of Greenhouse Warming: *Policy Implications of Greenhouse Warming: Mitigation, Adaptation and the Science Base*, National Academy Press, Washington, D. C. (1992).

²⁸ T. McGowan, «Energy-Efficient Lighting», pp. 59-88 en Johansson *et al.* (1989), *op cit.*

generalmente, responsables de dos tercios de todo el uso de electricidad (60% en Chile), y hasta del 70% de la electricidad usada en la industria.²⁹ Una estimación muy conservadora es que 20% del uso de electricidad puede ser ahorrado en función de los costos a través de mejoramientos de la eficiencia.³⁰

Existen ahorros comparables de energía, económicos y de impacto ambiental para proveer de prácticamente todos los principales servicios energéticos y ahorrar dinero y crear empleos, tanto en los países industrializados como en los no industrializados.³¹

Enfrentando el inevitable cambio climático

Hay, desgraciadamente, todavía otro tema importante que en este momento está en nuestro programa ambiental. Un considerable cambio climático es inevitable por los gases de invernadero que ya están en la atmósfera y que con seguridad se van a arrojar mientras se discuten y ponen en marcha las políticas para la reducción de emisiones.³² El ya inevitable cambio climático tendrá significativos efectos en los sistemas económicos, sociales y ecológicos sensibles al clima. Estos incluyen agricultura, silvicultura, empresas pesqueras, recursos de agua, producción de energía, salud, distribución de plagas y vectores de enfermedad, turismo, etc.³³

Si tenemos la gran suerte de que el extremo más favorable de los parámetros en los actuales modelos climáticos a la larga resulte ser real, y los *feedbacks* no incluidos en los modelos actuales resultan

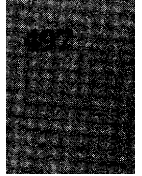
²⁹ Para un análisis general, véase: S. F. Baldwin, «Energy-Efficient Electric Motor Drive Systems», pp. 21-58 en Johansson *et al.* (1989 *op. cit.*).

³⁰ La Global Environment Facility (GEF) de las Naciones Unidas ha aprobado un proyecto de US\$ 12 millones para comenzar la explotación de motores eléctricos de mayor eficiencia en el sector minero chileno.

³¹ J. T. Goldemberg, B. Johansson, A. K. N. Reddy y R. H. Williams, *Energy for a Sustainable World*, Wiley Eastern, Nueva Delhi (1988). Una versión condensada ha sido publicada como *Energy for a Sustainable World and Energy for Development*, World Resources Institute, Washington, D.C.

³² V. Ramanathan, «The Greenhouse Theory of Climate Change: A Test by Inadvertent Global Experiment», *Science*, p. 293 (1989); Para un resumen conciso, véase: IPCC, *Policy-makers Summary*, en IPCC (1990) *op. cit.*

³³ Véase, por ejemplo: IPCC *Impacts Assessment* (1990), *op. cit.*



anularse entre sí, y si procedemos de acuerdo a políticas eficaces y agresivas para reducir las emisiones de gases de invernadero, el calentamiento global podría estar limitado a dos grados Celsius para el año 2100 con otros dos grados durante varias décadas siguientes.³⁴ Podemos afirmar con confianza que los principales cambios climáticos de invernadero son una certeza.³⁵

Una respuesta inicial mínima

Dos clases de acciones son completamente sostenibles por la evidencia existente: aquellas que van a amortiguar los efectos del cambio climático que ya parece inevitable, y las que apuntan a aminorar los efectos de las medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero que, con seguridad, se van a tomar pronto a nivel nacional. Estas acciones también resultarán en un beneficio económico neto y reducirán los efectos ambientales convencionales.

Aun si llegara a haber un efecto de invernadero insignificante, deberíamos hacer una cantidad de cambios en la política de energía. Los clientes no están pagando directamente los costos ambientales producidos por nuestros sistemas de energía, los que en realidad son grandes. Análisis recientes han demostrado que los costos ambientales externos provocados por el uso de carbón y petróleo para producir electricidad pueden ser tan grandes, o más grandes, que el precio pagado por los consumidores por electricidad. Casi todos los análisis de los costos ambientales y de salud originados por la quema de combustibles fósiles han evaluado cuantitativamente sólo los costos de las emisiones en el punto de uso final.³⁶ Cuando se incluyen todos los costos del ciclo energético —gastos militares para asegurar el acceso a los yacimientos petrolíferos y corredores de transporte, derrames de petróleo en el mar,

³⁴ Bajo las presentes condiciones, el calentamiento global medido («realizado») es alrededor de la mitad del calentamiento global de equilibrio. La diferencia se debe principalmente a atraso térmico oceánico. Un escenario con emisiones de invernadero como las actuales, eleva el calentamiento global entre 3 y 6 grados Celcius para el año 2100.

³⁵ J. Hansen, «Prediction of Near Term Climate Evolution: What Can We Tell Decision-makers Now?», *Preparing for Climate Change*, Government Institutes, Inc., Washington, D. C. (1988).

³⁶ R. L. Ottinger *et al.*, *Environmental Costs of Electricity*, Oceana Publications, New York (1990).

efectos de la minería y otros—, los costos de los combustibles fósiles no pagados directamente por los consumidores probablemente exceden los costos directos por una cantidad considerable. De alguna manera, éstos deber ser internalizados y controlados completamente.

El estudio de Energía Solar de las Naciones Unidas detalló una cantidad de recomendaciones políticas específicas que consideraba necesarias para captar los posibles ahorros ambientales y económicos ofrecidos por los sistemas de energía renovable. Estas incluían:³⁷

- Subsidios que reducen artificialmente el precio de combustibles que compiten con los de energía renovable; si los subsidios existentes no pueden ser eliminados por razones políticas, las tecnologías de energía renovable deberían recibir incentivos equivalentes.
- Los impuestos, reglamentos y otros instrumentos políticos deberían garantizar que las decisiones del consumidor se basarán en el costo completo de la energía, incluyendo costos ambientales y otros externos que hoy no se reflejan en los precios del mercado.
- El respaldo del gobierno para investigar, desarrollar y demostrar las tecnologías de energía renovable debería aumentar, a fin de reflejar los roles críticos que pueden jugar estas tecnologías en el cumplimiento de objetivos relacionados con energía, desarrollo y medio ambiente. Este apoyo debería ser llevado a cabo en estrecha cooperación con el sector privado.
- Las políticas diseñadas para fomentar el desarrollo de una industria de biocombustibles deben estar estrechamente coordinadas, tanto con los programas nacionales de desarrollo agrícola como con los esfuerzos para recuperar las tierras empobrecidas.
- Los fondos internacionales para desarrollo disponibles para el sector energía deberían ser dirigidos cada vez más a las fuentes de energía renovable.

El estudio de las Naciones Unidas hizo estas recomendaciones a la luz del requerimiento de alto alcance para un desarrollo sostenible:

³⁷ UNSEG, *op. cit.*, en Capítulo 1.

El tema integrador para todas estas iniciativas, sin embargo, debería ser *una* política de energía dirigida a promover un desarrollo sostenible. No será posible proveer la energía necesaria para llevar un nivel de vida decente a los pobres del mundo, o para sostener el bienestar económico de los países industrializados en formas ambientalmente aceptables, si el curso energético actual continúa. El camino hacia una sociedad sostenible requiere un uso más eficiente de la energía y un cambio hacia una variedad de fuentes de energía renovable.

Chile tiene la oportunidad de asumir el rol de líder en la respuesta al cambio global y de dar un gran paso hacia un desarrollo sostenible de su economía energética.

APÉNDICE A

CUADROS RESÚMENES DE LATINOAMÉRICA*

ENERGÍA RENOVABLE - ESCENARIO ENERGÍA INTENSIVA PARA AMÉRICA LATINA

CUADRO 1 PROGRAMA DE CRECIMIENTO PARA PIB PER CÁPITA Y POBLACIÓN PARA AMÉRICA LATINA, CONSIDERANDO TASAS DE CRECIMIENTO IPCC.

	PIB per cápita US\$ 1989	Población millones
1985	2.283	402
2000	3.450	530
2025	7.152	715
2050	15.298	829

* Estos cuadros resúmenes de Latinoamérica fueron hechos por el Grupo de Energía Solar para Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas. *Fuentes de Energía Renovable para Combustibles y Electricidad*, Johansson, T. B., *et al.* [eds], Island Press, Washington, D.C. (1992), apéndice A del Capítulo 1.

MEDIO AMBIENTE EN DESARROLLO

CUADRO 2 DATOS BÁSICOS PARA ENERGÍA EN AMÉRICA LATINA 1985

	Electricidad ^a TWh por año	Energía ^a Primaria Ej por año	Uso directo combustible ^b Ej por año	Combustible para electricidad ^c Ej por año
Carbón	16,4	0,91	0,73	0,18
Petróleo	65,6	10,07	9,33	0,74
Gas Natural	82,0	2,91	1,99	0,92
Hidro	307,9	3,35	-	-
Nuclear	8,4	0,09	-	-
TOTALES	480,3	17,33	12,05	1,84

a) Datos de [21]

b) Sólo combustibles comerciales.

c) Se supone que la eficiencia promedio de la generación de energía térmica es 32% y que las pérdidas T&D ascienden a 10%.

CUADRO 3 ESCENARIOS IPCC CONSUMO DE ENERGÍA,
AMÉRICA LATINA. (TWh por año)

	Emisiones altas	Políticas aceleradas
1985	432	432
2000	778	722
2025	2.194	1.891
2050	4.944	3.083

CUADRO 4 ESCENARIOS IPCC DE usos DIRECTOS DE COMBUSTIBLE
(SÓLO COMBUSTIBLES COMERCIALES) PARA AMÉRICA LATINA.
(Ej por año)

	Emisiones altas				Políticas aceleradas			
	Sólidos	Líquidos	Gases	Total Combustible	Sólidos	Líquidos	Gases	Total Combustible
1985	0,73	9,33	1,99	12,05	0,73	9,33	1,99	12,05
2000	1,50	14,40	3,50	19,40	1,10	12,60	3,20	16,90
2025	5,20	26,00	10,10	41,30	1,60	21,20	12,60	35,40
2050	7,50	39,70	14,00	61,20	1,20	23,00	17,40	41,60

CUADRO 5 ESCENARIO DE OFERTA DE ELECTRICIDAD PARA AMÉRICA LATINA. (TWh por año)

	1985	2025	2050
Hidro	307,9	505 ^a _b	702 ^a _b
Petróleo	65,6	-	-
Carbón	16,4	-	-
Nuclear	8,4	33 ^c	33 ^c
Metanol	-	101 ^d	162 ^d
Energía renovable intermitente	-	201 ^e	325 ^e
Caña de azúcar	-	589 ^f	683 ^f
Biomasa	-	409 ^g	649 ^g
Gas natural	82,0	206 ^h	691 ^h
Totales	480,3	2.044 ⁱ	3.245 ⁱ

a) Se supone que por limitaciones ambientales, para 2050 la energía hidroeléctrica se habrá desarrollado a un nivel que es sólo un tercio del potencial económico, alrededor de 2.105 TWh por año [4].

b) Se asume que el petróleo y el carbón serán eliminados gradualmente.

c) En 1989 había 2.245 MW_e de capacidad generadora de energía nuclear en América Latina y 3.804 MW_e adicional en construcción. Se supone que toda esta capacidad es construida y operada a un factor de capacidad promedio de 62% y que no se agregará más capacidad nuclear.

d) Se supone que el metanol usado en turbinas a gas químicamente recuperadas representará 5% de la electricidad en 2025 y 2050, con eficiencias de 55% en 2025 y 60% en 2050. Los correspondientes requerimientos de combustible de metanol son 0,66 exajoules en 2025 y 0,97 exajoules en 2050.

e) Se supone que la energía renovable intermitente (PV, solar, térmica y eólica) representará 10% de la electricidad en 2025 y 2050.

f) Se supone que la producción de caña de azúcar aumenta en proporción a la población, de 460 millones de toneladas en 1985 a 818 millones de toneladas en 2025, y a 949 millones de toneladas en 2050, y que se produce electricidad derivada a partir de residuos de caña a una velocidad de 720 kWh por tonelada de caña usando tecnología BIGASTIG o el equivalente.

g) Se piensa que 20% de la electricidad es abastecida por biomasa en plantas autónomas —42,9% eficiencia (BIGASTIC o equivalente) y 57% eficiencia en 2050 (BIG/FC o equivalente) en 2050—. Los correspondientes requerimientos de biomasa son 3,43 exajoules en 2025 y 4,10 exajoules en 2050.

h) Se supone que el gas natural usado en un ciclo avanzado de turbina a gas representa 5% de la electricidad en 2025 y 2050, con eficiencias de 50% en 2025 y 55% en 2050. Los correspondientes requerimientos de gas natural son 1,48 exajoules en 2025 y 4,52 exajoules en 2050.

i) Del Cuadro 3, suponiendo 7,5% pérdidas T&D en 2025 y 5% pérdidas en 2050.

CUADRO 6 ESCENARIO ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA AMÉRICA LATINA. (Ej. por año)

	1985	2025	2050
Combustibles sólidos			
Carbón	0,91	1,60 ^a	1,20 ^a
Residuos de caña para energía	-	5,33 ^b	6,19 ^b
Otra biomasa para energía	-	3,43 ^c	4,10 ^c
Subtotal	0,91	10,36	11,49
Combustibles líquidos			
Petróleo nacional	15,30	9,28 ^d	6,38 ^d
EthOH a partir de caña de azúcar	-	0,44 ^e	0,50 ^e
MeOH a partir de biomasa	-	17,36 ^f	22,30 ^f
Petróleo importado	-5,23	-	-
MeOH importado	-	-5,21 ^f	-5,21 ^f
Subtotal	10,07	21,87 ^g	23,97 ^g
Combustibles gaseosos			
Gas natural nacional	2,91	8,83 ^h	8,83 ^h
Biogás en destilerías de alcohol	-	0,09 ⁱ	0,10 ⁱ
Biogás a partir de estiércol	-	1,84 ^j	2,38 ^j
H2 a partir de biomasa	-	3,32 ^k	10,61 ^k
Subtotal	2,91	14,08 ⁱ	21,92 ⁱ
Emisiones ^m de CO ₂ en MtC	258	340	274
Emisiones de CO ₂ per cápita en tC	0,64	0,48	0,33

a) Uso directo de carbón (véase Cuadro 4) más carbón para generación de energía (véase Cuadro 5)

b) Véase nota f, Cuadro 5.

c) Véase nota g, Cuadro 5.

d) Véase Cuadro 5.

e) Se supone que un tercio de la producción de caña de azúcar (273 millones de toneladas por año en 2025 y 316 millones de toneladas por año en 2050) es dedicado a la producción de alcohol, a una tasa de 70 litros (1,60 guigajoules) por tonelada de caña.

f) Se supone que el metanol es producido a partir de materiales celulósicos vía gasificación termoquímica para responder a (I) las necesidades de combustible líquido no cubiertas por petróleo o metanol a partir de caña de azúcar, más (II) los requerimientos de exportación. Grandes cantidades de terrenos degradados podrían estar disponibles para plantaciones de biomasa en América Latina haciendo posible que América Latina produzca grandes cantidades de metanol para mercados de exportación. Se supone que América Latina representa el 32% del comercio mundial en metanol en 2025 y el 25% en 2050. Suponiendo eficiencias de conversión de 61,9% en 2025 y de 62,9% en 2050, los aportes de biomasa requeridos para la producción de metanol son 28,04 exajoules en 2025 y 35,45 exajoules en 2050. La biomasa requerida sería proporcionada por una mezcla de biomasa forestal, residuos de cereales y biomasa proveniente de plantaciones.

g) El consumo directo de combustible líquido para el Escenario IPCC de Políticas Aceleradas (Cuadro 4) más el metanol requerido para la generación de energía (0,66 exajoules en 2025 y 0,97 exajoules en 2050, nota d, Cuadro 5).

h) Se supone que la producción de gas natural aumenta linealmente hasta 2025 y después permanece constante, con un nivel escogido tal, que un tercio de los recursos estimados de gas se mantienen para 2050.

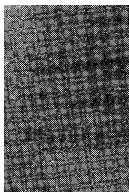
i) Se supone que se recupera biogás a partir de la destilación en destilerías de alcohol de caña a una tasa de 0,33 gigajoules por tonelada de caña.

j) Se supone que se produce biogás a partir de residuos de estiércol a 90% de la tasa estequiométrica que corresponde a 57% de eficiencia de conversión de energía.

k) Se supone que los requerimientos de combustible gaseoso que exceden lo que puede ser provisto por gas natural y biogás nacional son provistos por hidrógeno derivado de biomasa. Se puede producir hidrógeno a partir de biomasa a una tasa de 0,771 exajoules por exajoule de materiales de biomasa junto con 7,07 TWh de electricidad como subproducto por exajoule de hidrógeno producido. De esta forma se necesitan alrededor de 6,63 exajoules de biomasa para la producción de hidrógeno en 2025 y 12,57 exajoules en 2050.

l) El consumo directo de combustible gaseoso para el Escenario IPCC de Políticas Aceleradas (Cuadro 4) más el gas natural requerido para la generación de energía (1,48 exajoules en 2025 y 4,52 exajoules en 2050, nota h, Cuadro 5).

m) Suponiendo tasas de emisión de CO₂ de 25 MtC por exajoule para carbón, 19,5 MtC por exajoule para petróleo y 13,5 MtC por exajoule para gas natural.



Acerca de los integrantes de la Comisión de Meció Ambiente del CEP

FERNANDO ALLENDE CORREA

Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile. Director y Gerente General TESAM Hartley S.A.

JUAN ARIZÍIA MATTE

Ingeniero Civil, Universidad de Chile. M.B.A., Universidad de Chicago. Presidente de ENTEL.

PATRICIO BARROS

Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Master of Arts y Ph.D. (c) en Economía, Universidad de California, Berkeley. Gerente del Departamento de Inversiones de Fundación Chile.

ANTONIO DAHER

Master en Planificación Regional, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor e Investigador, Facultad de Arquitectura e Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.

ROBERTO DE ANDRACA BARBAS

Ingeniero Comercial, Universidad de Chile. Presidente del Directorio de Compañía de Acero del Pacífico S.A. de Inversiones. Presidente de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

GABRIEL J. DEL PAVERO VALDÉS

Abogado. Director TESAM Hartley S.A. Secretario Ejecutivo de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

JUAN A. FONTAINE TALAVERA

Ingeniero Comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile. M.A. en Economía, Universidad de Chicago, EE.UU. Ex Director de Estudios del Banco Central. Profesor del Instituto de Economía de la Universidad Católica de Chile. Consultor del Banco Mundial.

GONZALO GARCÍA BALMACEDA

Abogado, Pontificia Universidad Católica de Chile. Entre otras actividades se ha desempeñado como Gerente de la Feria Internacional de Santiago. Presidente de la Asociación de Ferias Internacionales de América, AFIDA. Director Editorial Érenla S.A. Director Línea Aérea del Cobre S.A., LADECO. Secretario General de CMPC. Subsecretario del Ministerio del Interior.

GUILLERMO GEISSE

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile. Master en Planificación Urbana y Regional, Universidad de California, Berkeley. Presidente del Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA). Profesor Titular Pontificia Universidad Católica de Chile.

JUAN GIACONI GANDOLFO

Magíster en Salud Pública de la Universidad de Londres. Jefe del Departamento de Salud Pública, Pontificia Universidad Católica de Chile. Autor de numerosas publicaciones en su especialidad. Ex Ministro de Salud.

GUILLERMO GÜELL

Ingeniero Forestal, Universidad de Chile. M.A. de Ciencias-Forestales, Universidad de Minnesota. Director del Word Forestry Center, Portland, Oregon. Director Consorcio Forestal S.A. Gerente General Grupo Copihue.

JUAN P. ILLANES LEIVA

Médico Cirujano, Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Public Health, Universidad de Harvard. Editor de Redacción, Diario *El Mercurio*.

FABIÁN JAKSIC

Licenciado en Biología, Universidad de Chile. Ph. D. in Zoology, University of California, Berkeley. Certified Senior Ecologist (Ecological Society of America). Profesor Titular y Jefe del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

RICARDO KATZ BIANCHI

Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Master en Ciencias en Administración Ambiental, Universidad de Texas. Director de Gestión Ambiental Consultores. Coordinador de la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos.

PATRICIO OJEDA

Licenciado en Biología, Universidad de Chile. Ph. D. en Zoología, University of Maine. Secretario de la Sociedad de Ecología de Chile. Profesor Auxiliar del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

JOSÉ M. SÁNCHEZ

Ingeniero Comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile. Doctor en Economía, Universidad de Minnesota. Investigador y Profesor Programa en Economía, ILADES.

JAIME A. SOLARI

Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Ph. D., Universidad de Londres. Coordinador Unidad Ambiental, Ministerio de Minería. Profesor Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

SERGIO VERDUGO

Ingeniero Civil de Industrias de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Science in Industrial Administration de Purdue University (1980). Actualmente es Jefe de Planificación y Coordinador de Administración Ambiental de CAP S.A., empresa en la que trabaja desde hace 20 años.