

Diagnóstico y propuesta conjunta de Colegio Médico de Chile y del Colegio de Ingenieros de Chile para desarrollar una política nacional de energía que favorezca la salud, el medio ambiente y la economía nacional

Joint diagnosis and proposal of the Colegio Médico de Chile and of the Colegio de Ingenieros de Chile for a National Energy Policy in favour of human and environmental health and of economic development

Resumen

Los Colegios Profesionales de Ingenieros y de Médicos de Chile convinieron en presentar este documento con información y propuestas relativas a la prevención y control de las graves consecuencias – para la salud, el ambiente, la economía y la seguridad del país – del uso continuado de fuentes energéticas contaminantes en la industria, el transporte y la generación de electricidad.

Desde el punto de vista de la salud, el Colegio Médico detalla cuales son los contaminantes atmosféricos procedentes de los combustibles fósiles y la leña; y revisa sus efectos agudos y crónicos en la mortalidad y morbilidad respiratoria, cardiovascular y por cáncer, y señala el volumen del gasto consiguiente. Se refiere al calentamiento de la tierra y a su impacto directo sobre las personas y sobre la salud a través de la alteración observada en los vectores, en la agricultura y en los desastres “naturales”. Advierte acerca del riesgo que implicaría la introducción de la energía nuclear.

Desde los puntos de vista tecnológico y económico, el Colegio de Ingenieros se refiere a los costos crecientes de los combustibles, al control del mercado por privados, a la falta de previsión de estos y a los costos sumergidos de atenciones médicas, del daño a las infraestructuras, de la reducción de la competitividad, de la dependencia de suministros externos y de la vulnerabilidad de los productores nacionales.

Ambos Colegios exponen los requisitos que deberían cumplir las opciones energéticas –el primero, que no sean contaminantes– y la existencia de alternativas tecnológicas viables, ya presentes en el mundo: eólica, mareomotriz, de las corrientes marinas, solar, e hidrógeno. Se describe la situación actual de ellas. Se refieren también a otras fuentes no contaminantes con menor impacto y a medidas complementarias como el ahorro de energía y la forestación.

Los Colegios dirigen al gobierno, con sentido de urgencia, una propuesta basada en las energías renovables no convencionales (ERNC) y en el desarrollo de la respectiva capacidad científico- tecnológica en nuestro país. El Estado debe asumir su papel rector de la Política Nacional de Energía basada en una información completa y fidedigna. Se proponen medidas concretas, tales como: la elaboración de una Ley de Fomento de las ERNC

y de un Fondo Nacional para dicho propósito; la difusión de información objetiva acerca del tema en toda la sociedad, incluyendo el sistema educacional, los medios de comunicación, las empresas privadas del sector, las autoridades superiores de los Poderes del Estado, las Universidades, los científicos, las organizaciones ciudadanas y los Colegios Profesionales.

Palabras clave: fuentes energéticas contaminantes; energías renovables no convencionales; política nacional de energía; riesgos atribuibles a los combustibles fósiles.

Abstract

The Chilean Engineers' Association and the Chilean Medical Association agreed to present this paper, containing information and proposals regarding prevention and control of the serious consequences – for health, the environment, the economy and national security – of the continued utilization of polluting energy sources in industry, transport and electricity generation.

From the health standpoint, the Medical Association describes the atmospheric pollutants derived from fossil fuels and firewood; and it goes over their acute and chronic effects on respiratory, circulatory and cancer mortality and morbidity; the high resulting expenditure is indicated. The “greenhouse” effect is also referred to, with the direct impact of heat on persons and the indirect health damage through changes concerning vectors, agriculture and “natural” disasters. Attention is also drawn to the risks implied by the eventual introduction of nuclear energy.

From the technological and economic viewpoint, the Engineers' Association deals with the increasing price of fossil fuels, the control of the market by private agents, the lack of foresight of these agents in the case of natural gas imports and the submerged costs such as those of medical care requirements, infrastructure damage, reduction of competitive capabilities, dependence on foreign sources and the vulnerability of national enterprises.

Both Associations indicate which are the required characteristics of energy sources – above all, that they should be non-polluting – and describe the viable technological alternatives: wind power, tides, marine currents, sunlight power, and hydrogen. Their present status is analyzed. A reference is made to other clean sources of lesser potential and to complementary measures such as energy saving and forestation.

The Associations, with a sense of urgency, address their proposal to the government. This is based on the development of the non-conventional renewable sources of energy (ERNC) and on the advancement of the relevant scientific and technical capabilities in our country. The State should exercise its leadership role and articulate a much required National Energy Policy, which should be based on complete and trustworthy information. Concrete measures are proposed, including: a law of ERNC development and a National Fund to support the measures contained therein; the promotion of objective information on the issue throughout the whole society, including the educational system, the media, the private companies in the energy sector, the Universities, scientists, civic organizations and Professional Associations.

Key words: polluting sources of energy; non conventional renewable energy sources; national energy policy; risks attributable to fossil fuels.

INTRODUCCIÓN

Frente a los graves problemas que enfrenta Chile para mantener la producción de la energía eléctrica y motriz que necesita para su desarrollo, y frente a las graves consecuencias que acarrea la dependencia actual de fuentes contaminantes, como el petróleo, el gas y el carbón, los Colegios Profesionales de Médicos y de Ingenieros han concordado en difundir la información esencial para poner el tema en la agenda pública y contribuir al desarrollo masivo de las fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC) en nuestro país.

El Colegio Médico de Chile AG ha estado atento a los efectos perjudiciales para la salud y el ambiente del uso de combustibles fósiles en la producción de energía. Nos preocupa la contaminación del aire, del agua y de la tierra y las catastróficas consecuencias del cambio climático. A través de la revista Cuadernos Médico Sociales, dependiente de la Directiva Nacional, hemos publicado antecedentes sobre el tema y, a fines del año 2005, invitamos a diversas organizaciones, y muy especialmente al Colegio de Ingenieros, a un Coloquio destinado a sumar conocimientos multidisciplinarios sobre las Energías Renovables No Convencionales, como un aporte frente a la desinformación imperante.

El Colegio de Ingenieros de Chile AG, en la primera etapa de su Proyecto País, constituyó la Comisión de Energías Alternativas, la cual contribuyó al análisis y proyección de las Energías Renovables en Chile hasta el año 2010. Ahora, en la segunda etapa del Proyecto País se extendieron las proyecciones hasta el año 2020, entregándose una visión a más largo plazo.

En tal sentido el Colegio de Ingenieros formula un llamado de alerta responsable y oportuno en lo que se refiere a los efectos en el desarrollo de Chile del abastecimiento y disponibilidad de energía en el corto y mediano plazo, en razón de la gran dependencia energética de recursos foráneos y de los sostenidos aumentos del precio del petróleo crudo y del gas natural.

En reunión reciente, representantes de ambos Colegios han acordado unir sus puntos de vista, cada uno desde el campo de sus especialidades y producir el presente documento conjunto, dirigido a la ciudadanía y a las autoridades del país.

EL PROBLEMA DE SALUD

El crecimiento económico requiere energía y gran parte de esta energía se obtiene de combustibles fósiles, de sus derivados y de la leña. Son procesos que contaminan primariamente el aire que respiramos y luego también el agua, el suelo y los alimentos y que, como es sabido, tienen un rol determinante y directo con la mortalidad por causas respiratorias, enfermedades circulatorias y cáncer, entre varias otras.

Está demostrado que las variaciones en la contaminación atmosférica producen, en Santiago y en las grandes ciudades de los países industrializados, variaciones concomitantes de la mortalidad y de la morbilidad. Uno de los primeros casos de efectos severos, históricamente registrado, fue el incremento agudo de alrededor de 4 000 muertes en exceso por sobre lo esperado, ocurrido en Londres a raíz del alto nivel de contaminantes alcanzado en diciembre de 1952. Un análisis de los datos del monitoreo ambiental y de la mortalidad de Santiago (1989-1991) reveló una variación de 1% de las muertes diarias por cada cambio de 10 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de material particulado de 10 micrómetros (μm) de diámetro. Dada la diferencia estacional de la concentración de PM_{10} , que va de un promedio de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en verano a 140 micrómetros $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en invierno, en nuestra capital, puede estimarse que en un día cualquiera de invierno se producen 3 a 4 muertes más que en un día de verano, por causa de la contaminación atmosférica. Este efecto es independiente de otros factores, como el frío, que también influyen en la variación estacional de la salud. El impacto es mayor para las muertes de causa respiratoria y cardiovascular, es mayor en los adultos mayores y en los niños pequeños, y afecta más al sexo masculino(1).

Estos datos están confirmados por una revisión de la literatura mundial realizada por Rosales-Castillo J A y colaboradores, y publicada en el año 2001(2). Según este estudio, el incremento de 10 μg de PM_{10} por m^3 de aire genera un aumento de 1,4% de hospitalizaciones, 3,1 % de consultas de urgencia, 7,7 % de síntomas respiratorios, 7,7 % de días de actividad restringida y 3,5% de muertes infantiles. Otros efectos se refieren a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y al cáncer.

Los combustibles fósiles han demostrado ser el grupo más diversificado en cuanto a número y tipos de agentes químicos peligrosos que liberan y por la variedad de sus efectos nocivos en la salud.

Entre los contaminantes primarios del aire que habitualmente son monitoreados están: el bióxido de azufre (SO_2), bióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas. A ellos habría que agregar la gran cantidad de compuestos comprendidos en el grupo de los hidrocarburos (HC), entre los cuales destacan los compuestos orgánicos volátiles (COV), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y las dioxinas y furanos. Por último, también se generan compuestos como aldehidos, alcoholes, cetonas, ésteres, éteres y glicoles.

Los COV, un grupo de más de 30 sustancias derivadas del petróleo, entre los cuales destacan el benceno y el tolueno, además de encontrarse en los combustibles y ser regularmente liberados al aire por los vehículos motorizados, son disolventes de importante uso industrial. Las fuentes emisoras de estos compuestos derivados de combustibles fósiles no son únicamente los vehículos con motor de combustión interna; proceden de toda actividad productiva, industrial, de servicio y comercial que los utilice como, por ejemplo, refinadoras de petróleo, siderurgias, plantas de coque, minas de carbón, industrias de disolventes y plantas energéticas termoeléctricas.

Los COV no necesitan combustión para pasar al aire ya que al ser volátiles están permanentemente

liberándose a partir de los combustibles almacenados y de los disolventes que se usan en diversos ámbitos. Un alto número de COV se encuentra en las bencinas en concentraciones que van entre 1 y 10 %; el benceno se encuentra en concentraciones de 1 a 4 %.

Las partículas juegan un papel trascendental en la exposición humana a todos estos compuestos, ya que funcionan como vehículo de los mismos al transportarlos absorbidos hasta los alvéolos pulmonares, de donde pasan a la sangre y a los diversos órganos.

Varios de los compuestos mencionados participan en la formación de contaminantes secundarios tales como el ozono (O_3), ácido nítrico, ácido sulfúrico, formaldehído, nitrato de peroxiacetilo (PAN) y nitrato de peroxibenzoilo.

El smog fotoquímico es característicamente agresivo con las mucosas respiratorias por su alta reactividad. Está conformado por ozono, aldehídos y radicales acilos y peroxiacilos. El causante primario es el NO_2 interactuando secundariamente con los hidrocarburos originados en la combustión del petróleo y sus derivados.

Algunas familias de compuestos son más peligrosas que otras; por ejemplo, los HAP en general son fácilmente absorbibles en el pulmón.

A lo largo de varias décadas la investigación a nivel mundial ha venido demostrando desde diversas disciplinas científicas la asociación irrefutable entre la exposición a la contaminación del aire y una diversidad de efectos dañinos en la salud humana y el aumento de la mortalidad por diversas causas, especialmente pulmonares y cardiovasculares. En Chile este tipo de investigación ha sido relativamente escaso y cuando se ha hecho sus resultados han sido consistentes con los hallazgos internacionales.

Los efectos agudos son más frecuentes y severos en niños, ancianos y enfermos crónicos de pulmón y corazón. Son los efectos más frecuentemente

asociados por la comunidad con la contaminación del aire.

En cuanto a efectos crónicos, la exposición prolongada por meses o años a concentraciones de contaminantes inorgánicos y orgánicos del aire por sobre los valores límites permitidos pueden producir daños anatómicos y funcionales irreversibles de tipo no carcinogénico en pulmones, hígado, riñón, páncreas y otros parénquimas así como daños funcionales en los sistemas nervioso central y periférico, cardiovascular, inmunitario, reproductivo y hematológico.

Varios de estos compuestos tienen además la capacidad para producir mutaciones, daño genético y cáncer. Entre estas sustancias con potencial carcinogénico destacan los COV, los HAP, el formaldehído y materiales como el alquitrán de carbón y el petcoke. Los tipos de cáncer descritos en la literatura internacional como asociados con la exposición a contaminantes derivados de los combustibles fósiles incluyen los de pulmón, hígado, vías biliares, páncreas, riñón, próstata, así como mieloma, leucemia y linfomas.

Los límites ambientales permisibles establecidos para la exposición a contaminantes del aire están, en general, destinados a prevenir efectos adversos de carácter no carcinogénico y no sirven para evitar los daños por mutaciones o genotoxicidad: cualquier concentración de un compuesto carcinógeno en el aire representa un riesgo determinado de desarrollar cáncer.

Los sistemas oficiales de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire habitualmente consideran sólo un pequeño número de compuestos. La red de Santiago mide menos de una decena de compuestos.

La alarma de las autoridades, medios de comunicación y público en general gira regularmente cada otoño-invierno en torno a los efectos agudos sobre las vías respiratorias y que aparentan ser reversibles. Sin embargo, la carga de morbilidad crónica silenciosa asociada a la contaminación

derivada de los combustibles fósiles puede ser significativamente elevada.

En el caso de Chile es preocupante que la leña continúe siendo utilizada como combustible, con bajos rendimientos y en detrimento de la calidad del aire intra y extradomiciliario; en comunas como Temuco y Padre Las Casas, la leña es responsable del 73% de las partículas emitidas.

Son escasos los estudios nacionales acerca del impacto económico de la morbilidad relacionada con la contaminación ambiental. Las estimaciones hechas en los EE UU indican que ese impacto es de gran magnitud. Por ejemplo, se calcula que en ese país el costo anual atribuible tan sólo a la patología pulmonar asciende a US\$ 60 billones(3). En la ciudad de Los Ángeles el costo de la contaminación del aire por los conceptos de gasto médico y de ausencias del trabajo se estimó en US\$ 9,8 billones(4). En cuanto al asma y patologías relacionadas, el costo en EE UU llegó a US\$ 9,5 billones en 1992(5).

Hay además otras modalidades importantes por las cuales el uso de combustibles fósiles, sus derivados y la leña influyen y seguirán influyendo cada vez más negativamente sobre la salud y sobre la sustentabilidad de la vida.

Los gases de combustión están produciendo calentamiento en la tierra –**efecto invernadero**– y destruyen la capa protectora de ozono en la estratósfera, (al mismo tiempo que aumenta el ozono atmosférico en las ciudades y su efecto letal)(6). Los bosques están afectados por el aumento de los incendios forestales(7).

En Europa, en el verano del 2003, hubo entre 22.000 y 45.000 muertes producidas directamente por el calor; hubo otro episodio en Chicago en 1995, también con miles de muertes. La variabilidad térmica que se manifiesta en ondas de calor tan fuertes, es hoy el doble de lo esperado históricamente y es causada por el calentamiento global. En el futuro estas ondas de calor pueden ser más frecuentes y graves(8). Este fenómeno se combina con el de

las "islas de calor" generadas por la pavimentación, edificación y reducción de la vegetación en ciudades y carreteras. Esas superficies oscuras causan temperaturas medias que son entre 5 y 11 grados centígrados mayores en las ciudades que en las áreas rurales adyacentes; el efecto puede ser aún mayor en ciertos puntos, como terrazas y calles asfaltadas. La mayoría de los estudios muestra mayor vulnerabilidad a estos fenómenos en las zonas templado-frías, entre las cuales se encuentra la parte más habitada de Chile.

El clima influye en la **morbilidad infecciosa** y en la abundancia de vectores, como los mosquitos y las vinchucas. Se ha demostrado una correlación entre las fluctuaciones térmicas y las tasas de dengue, de enfermedad por virus Ross River, peste bubónica, salmonelosis e intoxicaciones alimentarias. Se ha atribuido al calentamiento las recientes epidemias de infecciones entéricas en Japón y Nueva Zelanda. Algunos de estos efectos son mediados por el fenómeno de El Niño; por ejemplo, los aumentos en la enfermedad por virus Hanta, en las diarreas infantiles, en el cólera y en la intoxicación por vibrión parahemolítico.

El clima afecta a la **salud alimentaria**. Las sequías reducen las cosechas directamente y por alteración del ecosistema de insectos y hongos patógenos para las plantas. Se calcula que por cada grado centígrado de calentamiento disminuye en un 10 % el rendimiento del arroz, y que algo similar ocurre con la soya y con la acuicultura. Por estos mecanismos se reducirá la producción de alimentos y podría aumentar el hambre.

Catástrofes que se proyectaban hasta hace poco como meros escenarios ya se han hecho realidad. En los últimos seis años ha habido precipitaciones extremas, olas de calor y sequías sin precedente: ejemplos son el huracán Mitch, de 1998, que en Honduras causó inundaciones con 11 mil muertes y el huracán Katrina, que destruyó a Nueva Orleans en el 2005; otros son las lluvias con deslizamientos de tierra en Venezuela, en 1999, y los ciclones en Mozambique en el año 2000. El ritmo de las

desviaciones climatológicas se acelera. Los hielos de la Antártica, de Groenlandia y de la Patagonia se derriten a una velocidad exponencial y, al enfriar el mar, están provocando sequía en las altas latitudes de Europa y Australia(9).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha examinado los efectos en salud atribuibles al cambio climático antropogénico y estima que está causando unas 150 mil muertes anuales y al menos una pérdida de 5 millones de años de vida ajustados por discapacidad. Según la OMS este efecto aumentará en dos o más veces al año 2030(10).

Como estrategia para abordar el cambio climático se diseñó el Protocolo de Kyoto, que llama a los países industrializados a reducir sus emisiones: de cumplirse, el Protocolo limitaría el calentamiento a 6,1°C a fines del S. XXII(11). Pero las grandes potencias y empresas son renuentes a cumplir con estas medidas restrictivas y, sobre todo, esto no hace sino retardar la catástrofe.

Además de los efectos que sobre la salud tienen las fuentes energéticas analizadas, hay que considerar –a título preventivo- los que podrían tener las centrales nucleares, en caso de ser instaladas en nuestro país. Es suficiente recordar la catástrofe de Chernobyl en Ucrania y otros accidentes en Estados Unidos, Inglaterra y Japón. Aquel desastre multiplicó por cien la incidencia de cáncer tiroideo en los niños, en la enorme zona afectada (Europa Central y Norte) y dañó el desarrollo mental infantil; obligó a masivos desplazamientos de la población y generó un daño psicológico que dura hasta hoy(12). En abril del 2006 la OMS ha pronosticado que de aquí a fines de siglo se producirán entre 30 y 60 mil muertes por cáncer a raíz de Chernobyl(13).

El Problema Técnico Económico de la Situación Actual

La acelerada incorporación de China y otros países del Asia al mercado mundial y las catástrofes naturales, unidas al sostenido crecimiento de las principales economías mundiales, han generado

significativos aumentos en la demanda mundial por fuentes primarias de energía (petróleo y gas natural principalmente).

La tendencia al alza del precio del petróleo, carbón y gas natural a un ritmo impensado hace pocos meses atrás, se mantendrá y agravará mientras: el petróleo se obtenga de las actuales fuentes de producción, no se incorporen nuevos yacimientos, los países de más alto consumo mantengan sus políticas de precios al consumidor y no se mejore significativamente la capacidad actual de refinación, situaciones todas que difícilmente se revertirán en el corto plazo y menos en forma coincidente. A lo anterior se debe agregar que el precio de la refinación del petróleo también ha aumentado fuertemente, al estar la capacidad mundial para refinar prácticamente copada, y ser además su crecimiento muy limitado, debido a los problemas ambientales que genera su instalación. Todo lo anterior ha creado un problema de envergadura mundial, generando además conflictos entre naciones.

El precio de la energía eléctrica en Chile se rige por reglas de mercado, donde el precio tiende a reflejar el costo marginal de producción, aprovechando economías de escala en los costos variables de operación. El Estado sólo ejerce funciones de regulación, fiscalización y de planificación indicativa de inversiones en generación y transmisión, siendo esta última función sólo recomendaciones no forzosas para las empresas, por lo que el manejo de la generación eléctrica, atención de la demanda, desarrollo de nuevos proyectos de generación, calidad y seguridad de servicio, recae enteramente en los agentes privados.

La composición de la actual matriz energética primaria del país es el resultado de privilegiar la elección de combustibles de bajo costo, asociados a nuevas tecnologías de generación (ciclo combinado), con el propósito de cubrir los aumentos de demanda. El gas natural para uso industrial, generación eléctrica y consumo doméstico, se introdujo sin considerar ni aplicar criterios técnicos adecuados, los que aconsejaban construir sistemas de almacenamiento para estar en condiciones de regular fallas en el

suministro. La seguridad se basó exclusivamente en la supuesta solidez y seriedad de los contratos y protocolos, asumiéndose costos que hoy está pagando el país.

En este diagnóstico debe tomarse en cuenta los costos asociados a diversas variables que inciden en el desarrollo del país: mayores necesidades de atención de salud; disminución de capacidad exportadora de productos agrícolas al estar contaminados; menor rendimiento escolar de niños y jóvenes expuestos a la contaminación; menor duración de las infraestructuras; riesgo para la independencia y seguridad nacional; inseguridad de suministro, con rebajas periódicas de la producción minera e industrial y alteraciones en la calidad de vida.

LA OPCIÓN QUE NECESITAMOS: LOS REQUISITOS.

El Colegio Médico plantea que si bien es cierto que hay que mantener al país funcionando en el futuro inmediato, y que en los próximos tres o cuatro años, ello no podrá implicar una disminución significativa del consumo de petróleo y, más adelante, de gas natural licuado, desde el punto de vista médico y sanitario lo esencial es adoptar opciones energéticas que cumplan para el corto, mediano y largo plazo con las siguientes características:

- Fuente no contaminante y que por lo tanto contribuya a la salud y a frenar y revertir el deterioro de nuestro entorno hoy dañado por el smog, el hollín y la lluvia ácida
- Energía que contribuya a la supervivencia del planeta y de la vida, cumpliendo con los tratados internacionales suscritos por Chile
- Procesos que aporten a un avance tecnológico en que participen activamente nuestros propios científicos y técnicos.
- Procesos que faciliten el desarrollo del país sin comprometer la independencia y la seguridad nacional
- Fuentes de energía que contribuyan a un acceso equitativo a la electricidad

El Colegio de Ingenieros A.G., estudió diferentes opciones para diversificar la matriz energética del país y concluyó que el empleo de energías alternativas, limpias, renovables, no convencionales distintas a la hidráulica, constituyen una solución factible y real, situación que hoy se puede constatar en muchos países del mundo. Analizó también las nuevas formas de producir energía {eólica, solar, oceánicas (mareomotriz y corrientes oceánicas), geotermia, e hidrógeno}, los costos de producción asociados, las tecnologías utilizadas, los grados de desarrollo e implementación en el mundo y concluyó que:

- Existen soluciones técnicas viables para autoabastecer Chile con 100% de la energía requerida, a precios menores que los actuales y con recursos locales, renovables y limpios. Esto requiere un plazo razonable, pero debería empezarse ya, implementando programas de Estado en tal sentido, de mediano y largo plazo, que trasciendan a los cortos períodos de los gobiernos elegidos.
 - El reemplazo de energías dependientes del petróleo por fuentes de energía independientes y que no contaminen, produce mayor seguridad de suministro y en definitiva ahorra importantes recursos al Estado y a la Sociedad, en Salud y Seguridad Nacional.
 - Estos nuevos tipos de energía están hoy en uso y son promocionados en países desarrollados.
 - Su grado de investigación, desarrollo tecnológico e implementación va en acelerado aumento.
 - El uso extensivo, unido al desarrollo tecnológico, acortará e invertirá las diferencias en el precio de la energía para las nuevas formas de producirla.
 - La mejor solución para el país, desde el punto de vista geopolítico, será tener diversidad de opciones de producir energía con recursos locales, mejorando su autonomía energética en lo regional y nacional.
 - El Estado debe hacer uso de su rol subsidiario, financiando directamente: los catastros para dimensionar y valorizar los recursos energéticos; las investigaciones para su desarrollo, y las experiencias que se requieran para su aplicación.
- Además el Estado debe fomentar en forma primordial: la eficiencia energética, la comercialización de las energías renovables y el desarrollo de un parque automotor ambientalmente neutro.

La Alternativa Tecnológica

Una medida a corto plazo consiste en que Chile desarrolle el uso de (ERNC), que eviten que siga el crecimiento de las fuentes y usos de energía que contaminan y que no cumplen con los requisitos mencionados en la Sección anterior.

Deberá plantearse una política de energía que desarrolle las fuentes renovables, no convencionales, y que cumpla con los requisitos planteados, tales como:

a) La energía eólica: proceso que se puede desarrollar en plazos extremadamente cortos, (menores a un año).

A modo de ejemplo, citamos al Instituto de Estudios de Gobierno Local (AKF) de Dinamarca, el cual estimó, en 1996, que la producción de energía por el viento es el método más eficiente para reducir la emisión de CO₂ y valoró este efecto en 0,10 a 0,15 coronas danesas por KWh de electricidad generada, en comparación con el precio de 0,28 coronas danesas por KWh de dicha energía. Los costos asociados con los efectos visuales y de ruido son insignificantes, aún en un país con una población exigente y altamente concentrada(14). La capacidad instalada de energía eólica llegó, a comienzos del 2005, a 16.628 MW en Alemania, a 8.263 MW en España, y a 3.118 MW en Dinamarca (588 W per capita). China y México han iniciado este camino y según el estudio citado, la energía eólica resulta, analizando un conjunto de factores, más beneficiosa que la de gas y carbón.

Alrededor del año 2000, cada turbina eólica costaba un millón de USD y tenía una capacidad de un MW. Hoy estos precios están bajando: entre 1990/2004 descendieron más del 55% y se

espera una reducción de 20 a 30% entre el 2004 y el 2010. Al mismo tiempo aumentarán su capacidad: hoy están en desarrollo equipos de 5 MW (2005). Paralelamente se encarece el precio de la energía fósil(15).

La Comisión de Energías Alternativas del Colegio de Ingenieros ha detectado en Chile algunos proyectos que están estudiados y listos para ser desarrollados: 40 MW por Codelco cerca de Calama; 105 MW en Mejillones; 43,5 MW en la vecindad de Caldera; 450 MW en Llay Llay; 20 MW en Punta Curaumilla, Valparaíso; 25 MW en Punta Tumbes, Talcahuano; 60 MW en Coronel; 10 MW en Aysén (parcialmente en operación) y 125 MW en Magallanes.

En 2002 y de nuevo en 2005, grandes inversionistas han publicado sus intenciones de invertir cientos de millones de dólares en instalaciones de energía eólica en Chile, posiblemente con equipamiento danés. Los exportadores daneses consideraban factible instalar mil MW de potencia en un corto plazo. La Comisión del Colegio de Ingenieros estima que el recurso eólico desarrollable a mediano plazo es del orden de 5.500 MW. Se sabe que las condiciones de viento son altamente favorables en la costa de las Regiones del Sur; pero falta completar el inventario de los recursos de energía eólica explotables en el país.

b) La energía mareomotriz y de las corrientes marinas: El mar puede constituir la más abundante, segura y económica de las fuentes de energía.

Las tecnologías más promisorias son las que aprovechan las corrientes marinas. Según la proporción de agua que se pueda hacer pasar por las turbinas, el rendimiento "agua-conductor" va del 26% al 60%.

Chile tiene grandes ventajas comparativas en este campo, a causa de su geografía. Se estima que sólo en el canal de Chacao se pueden obtener 14 mil MW de potencia con varias vallas marinas. Y siendo el canal de Chacao tan sólo uno de los

innumerables canales del sur de Chile, se ve la posibilidad de producir un superávit de energía exportable en diversas formas. Además, la barrera que corta la corriente sirve de puente sobre los canales; por ejemplo, una valla en el canal Dalcahue generaría una capacidad de 50 MW, suficiente para el consumo actual de Chiloé y además daría acceso terrestre a la isla de Quinchao.

El desarrollo actual de las turbinas requeridas está en una etapa similar al de las turbinas eólicas hace diez años. Y se estima que Chile puede liderar este proceso en la región.

c) La energía solar:

La energía solar es muy intensa en el Norte, con valores de radiación máxima recibida por hectárea cercanos a 10 MW; representa el mayor potencial y la mayor reserva de energía renovable disponible en Chile.

Tradicionalmente, la conversión de energía solar en eléctrica se centraba en la concentración del calor solar, utilizando espejos; o en la conversión directa de energía lumínica en eléctrica mediante semiconductores dispuestos en celdas fotovoltaicas. Ambos sistemas no han logrado sobrepasar el 25% eficiencia. En Chile, el uso de la energía solar se ha limitado a celdas fotovoltaicas para abastecer consumos aislados de electricidad de pequeña magnitud y al suministro de calor para procesos mineros, industriales y uso doméstico en pequeña escala.

En Alemania existen nuevos desarrollos denominados Chimenea Solar. Su funcionamiento fue evaluado en un prototipo construido a escala por más de siete años, donde se obtuvieron parámetros de diseño para su aplicación económica. Cubriendo amplias áreas con paneles translúcidos se calienta el aire y el suelo, se producen elevados flujos que accionan generadores eólicos dispuestos al interior de la chimenea. Tuberías con agua colocadas en el piso absorben el calor durante el día; éste se almacena en acumuladores que lo devuelven en la

noche, obteniéndose así producción continua de electricidad durante las 24 horas.

Se estima que este tipo de proyecto es factible de materializar en términos económicos en Chile, construyendo las chimeneas apoyadas en las montañas, utilizando materiales más livianos, mejores equipos y técnicas de construcción avanzadas. Los valores de inversión y explotación por KW son comparables a los de grandes centrales de embalse, si se abordan proyectos de volúmenes adecuados. Se han detectado dos proyectos: 100 MW para la división del Teniente, Codelco, VI Región y 200 MW en las cercanías de Chuquicamata, Codelco, II Región; los estudios para su desarrollo ya están iniciados.

d) La energía del Hidrógeno:

Esta fuente producirá electricidad limpia, barata y abundante. El proceso se inicia utilizando la electricidad generada por las fuentes existentes para obtener hidrógeno a partir de la electrolisis del agua en celdas especiales. Este hidrógeno, en otro tipo de celdas, produce electricidad mediante su combinación con el oxígeno del aire, dando agua como "residuo". El hidrógeno producido en la primera fase puede almacenarse o transportarse en forma líquida. La electricidad producida en la segunda fase puede almacenarse en acumuladores.

El hidrógeno líquido solucionará el problema de la contaminación por los vehículos. Estos tendrán un motor de corriente continua en cada rueda, accionado por la electricidad procedente del hidrógeno entregado por "celdas de combustible". Un estudio de la National Academy of Engineering de EE UU, muestra que ya hoy es más barato mover un auto de motor convencional con hidrógeno que con gasolina, dados los actuales precios del petróleo y que el precio del hidrógeno, seguirá disminuyendo en el futuro.

Como primer paso para implementar esta tecnología se recomienda sustituir los motores convencionales por híbridos que se carguen por conexión a la red eléctrica en horario de baja demanda de electri-

cidad. De este modo se reducirá la contaminación del aire en un plazo razonable.

Una vez ampliada la capacidad de la red eléctrica nacional, preferentemente a base de las fuentes renovables no contaminantes, se podrá producir hidrógeno en forma masiva, haciendo innecesaria la importación de combustibles y posibilitando, por el contrario, la exportación de esta materia prima extraída del agua.

Para que esto sea realidad es indispensable capacitar a profesionales y técnicos en estas tecnologías innovadoras.

Adicionalmente hay que mencionar otras fuentes de electricidad que son limpias pero que ofrecen menores expectativas en relación con las necesidades energéticas del país. Ellas son:

i) Centrales hidroeléctricas de pasada: Éstas no tienen los grandes inconvenientes de las Centrales de Embalse. Podrían generar nuevas capacidades de un orden de magnitud no superior, en conjunto, a unos 500 u 800 MW. Tendrían utilidad local pero pueden encontrar resistencia en las comunidades vecinas.

ii) Geotermia: El país posee numerosos campos de energía geotérmica, ubicados en diferentes tramos de la Cordillera de Los Andes, desde el extremo norte del país hasta el límite sur de la X Región. Los principales campos se asocian a volcanes que presentan intensas manifestaciones en superficie, como son: El Tatio, Puchuldiza, Chillán, Villarrica y Puyehue.

ENAP, con la corporación italiana ENEL, han declarado la intención de crear una planta geotérmica de 40 MW en Chillán y otra similar en Calabozo, con una inversión de 2,5 millones de USD por MW, es decir, a un costo bastante mayor que el de otras fuentes no convencionales (Estrategia, 4.11.05). En cuanto a El Tatio, ENAP sólo ha realizado investigaciones en superficie y ya se encuentra con las objeciones derivadas del posible perjuicio al turismo.

Previo al diseño de plantas geotérmicas se requiere realizar estudios del subsuelo mediante perforación de pozos profundos (1000 a 2000 metros), para determinar cantidad y características del vapor disponible. Al no haberse aun realizado todas las perforaciones de exploración y el catastro de los recursos, pasarán aun varios años de estudio, antes de poder contar con la incorporación de esta fuente de energía a la matriz energética.

Medidas complementarias:

En el contexto de la discusión sobre el problema energético y el de la contaminación se proponen otras medidas que son útiles para disminuir la tasa de crecimiento del gasto energético; pero cuya contribución al volumen total del problema es más bien marginal y no debiera distraer de las soluciones tecnológicas de fondo que se han descrito más arriba. Una de esas medidas complementarias es el aumento de la eficiencia en el uso de la energía, por ejemplo, a través de mejores técnicas en el diseño y construcción de edificios; o mediante normas acerca de los sistemas de conducción de la electricidad. La educación y la participación ciudadana debe dar un muy fuerte impulso a la movilización en bicicleta, o por senderos pedestres, o en trenes y buses eléctricos, mejorando así varios aspectos de la salud y de la calidad de vida. Una planificación urbana adecuada también tendrá un efecto positivo en la reducción de la contaminación por el transporte. En Chile, la reforestación masiva de la Cordillera Central y de otras áreas apropiadas es otra medida importante para el mejoramiento de la calidad del aire, la reducción del calentamiento global y otras ventajas para la población.

LA PROPUESTA DE AMBOS COLEGIOS

El objetivo:

Nuestra propuesta busca utilizar las fuentes de ERNC disponibles en Chile, para autoabastecernos, en un proceso que favorezca los ritmos del desarrollo del país.

Las energías renovables no convencionales - eólica, solar y de las corrientes marítimas - representan la mayor y mejor fuente de energía para apoyar el desarrollo sustentable del país y con el menor impacto adverso sobre el ambiente y la salud de la población. Son recursos que, estando disponibles dentro del territorio nacional, a diferencia de los que actualmente ocupamos en forma principal, lograrán independizar la matriz energética de suministros externos, generando ahorro en divisas y posibilitando el redireccionamiento de los flujos económicos desde el consumo al desarrollo.

Las nuevas fuentes energéticas limpias habitualmente son presentadas ante la opinión pública como más caras y no son referidas como de bajo o nulo riesgo y no son tomadas en cuenta dentro de las propuestas oficiales de solución de la crisis, al no valorarse todas las ventajas que representan, tales como: seguridad de suministro (al no depender de suministros importados), menor daño a la salud (menor incidencia en causas de muerte y menor número de atenciones a los afectados por la contaminación) menor daño ambiental (menor daño a la flora y fauna por menor emisión de residuos contaminantes).

Ligado al objetivo anterior está el de generar en Chile la capacidad de investigar y desarrollar nuevas tecnologías que lleven a la *independencia de la matriz energética nacional*

Los Colegios concluyeron, además, que el uso final del Hidrógeno, obtenido preferentemente a partir de energías renovables, es beneficioso para la protección de la salud de la población y que se prevé que a mediano plazo esta alternativa se posicionará fuertemente en el mercado mundial. Chile posee ventajas competitivas importantes para producirlo con fines tanto domésticos como de exportación, a partir de sus recursos renovables.

Las soluciones que se proponen pueden producir impactos reales y progresivos a partir del 2007.

El riesgo:

Los Colegios concluyen que si Chile no inicia desde ahora el análisis, el diseño y la implementación de una política de uso de las energías renovables existentes en el país, continuarán aumentando gravemente los daños asociados al detrimento de la salud de nuestra población y nuestra dependencia tecnológica y material del exterior, limitándose el desarrollo científico-técnico, económico y de bienestar de las nuevas generaciones de chilenos. Todavía es posible que el país como tal inicie ventajosamente su incorporación al uso globalizado de las energías eólica, solar, marítima y del hidrógeno. Si no actuamos ahora, más adelante deberemos continuar aceptando precios y condiciones impuestas por mercados externos.

Cómo avanzar:

Ante la crisis mundial de los combustibles fósiles, parece ineludible que el Estado deba asumir su rol de rector de las políticas nacionales estratégicas en relación a la energía.

Para ello, proponemos que el gobierno impulse una Ley de Fomento de las Energías Renovables Limpias y No Convencionales, ley que deberá otorgar facilidades para incentivar e impulsar proyectos que se instalen desde ya a generar energía con dichas formas de producción.

Proponemos también crear un Fondo Nacional para ERNC, que se constituya con aportes financieros actualmente viables. Los recursos del Fondo serán para financiar: catastros que evalúen los recursos energéticos renovables del país; el fomento del desarrollo del parque automotor ambientalmente neutro; la investigación de las tecnologías innovadoras pertinentes; la capacitación de profesionales y técnicos nacionales para implementar cambios en la matriz energética y métodos de ahorro de energía.

Creemos necesario introducir el tema de la energía en la educación de niños y jóvenes en las escuelas y Universidades y difundir en forma masiva

y sistemática las ventajas que podría obtener el país al adoptar políticas de desarrollo con el uso de energías renovables no contaminantes.

Tomando en consideración la estructura actual del mercado energético, proponemos incentivar al sector privado para que invierta en las ERNC facilitando, por ejemplo, los estudios de impacto ambiental. Se trata de que las empresas generadoras perciban como rentable y atractiva la opción de desarrollar en el corto plazo las ERNC, considerando que éstas tienen un costo marginal cercano a cero y cambiando la tendencia a usar las fuentes tradicionales.

Quiénes:

Para materializar un cambio tan trascendental en Chile, ambos Colegios estiman que se requerirá el convencimiento y apoyo de la sociedad en su conjunto y de las máximas autoridades del país. Se trata de convertir a la energía - de la cual depende toda nuestra vida - en tema central de la discusión política y social de los ciudadanos.

Esta participación debe contar con un respaldo político fuerte e integrado, que supere la actual fragmentación de los centros de decisión técnica y la multiplicación de iniciativas improvisadas e interesadas.

Dadas las implicaciones en diversos ámbitos del tema de la energía, deben ser actores del debate y de las propuestas al menos: los Ministerios pertinentes, las Facultades Universitarias de Medicina, de Ingeniería y de Ciencias, los Colegios Profesionales y las Sociedades Científicas involucradas, los parlamentarios, así como los representantes de la juventud, cuya vida es la que está en mayor riesgo. La Salud Pública y la Ingeniería deben contribuir a este cambio radical en la agenda del país.

Chile ha sido pionero en diversas áreas del desarrollo: no es pretencioso pensar que pueda serlo también en el fomento de la energía limpia. Estamos ciertos de que, si emprendemos la reforma energética, seremos seguidos y reconocidos internacionalmente en este emprendimiento.

Referencia

1. Ostro B, Sánchez J M, Aranda C, Eskeland J S, *Air pollution and mortality, Results from Santiago, Chile. Banco Mundial, mayo 1995*
2. Rosales-Castillo J A et al., *Los efectos agudos de la contaminación del aire en la población: evidencias de estudios epidemiológicos, Salud Pública de Mexico, 2001;43 (6): 544-555*
3. Ozkaynak H et al, *American Lung Association, citado en: Rom J J y Ervin C, Pub Hlth Reports 1996; 111: 391-399*
4. Hall J V et al, *Science 1992; 255: 812-17*
5. Weiss KS et al, *N Engl J Med 1992; 326: 862-66*
6. Knowlton K et al, 2004; Hogrefe C et al, 2004
7. McMichael AJ, *Global environmental change and human population health, Int J Epid 1993; 22(1):1-8*
8. Patz J A et al., *Impact of regional climate change on human health, Nature 2005; 438 (17):310-17*
9. Mc Michael A J, Campbell-Lendrum D H, Corvalán C F, Ebi K L, Githeko A, Scheraga J D, Woodward A , editores, *Climate Change and Human Health, Ginebra 2003, reseña en: WHO Bulletin 2005; 83/5: 396-7*
10. Patz J A, et al. *Impact of regional climate change on human health, Nature 2005; 438 (17):310-17*
11. Cline W, 2004, *Climate change, Centre for global development www.imv.dk/default.asp?ID=165; Panel intergubernamental sobre el Cambio de Clima (IPCC), Informe 2002*
12. OMS 1995, *Health consequences of the Chernobyl accident, Summary Report*
13. *El Mercurio, 22.04.06*
14. Munksgaard J, et al., www.akf.dk/eng/wind.htm
15. Gerd Krieger, de VDMA, 2005