

# ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

UNA ECUACIÓN DIFÍCIL  
PARA AMÉRICA LATINA



ADELA CUBILLOS  
FERNANDO ESTENSSORO  
COMPILADORES

*Los desafíos del crecimiento  
y desarrollo en el contexto  
del cambio climático*

colección **idea**

INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS  
Universidad de Santiago de Chile

 instituto  
igualdad  
centro de estudios

ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.  
UNA ECUACIÓN DIFÍCIL  
PARA AMÉRICA LATINA

LOS DESAFÍOS DEL CRECIMIENTO  
Y DESARROLLO EN EL CONTEXTO  
DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ADELA CUBILLOS Y FERNANDO ESTENSSORO,  
COMPILADORES

colección **idea**

Primera edición, mayo de 2011, Santiago de Chile

Colección Idea. Segunda Época

© Instituto de Estudios Avanzados  
Universidad Santiago de Chile  
© Adela Cubillos, Fernando Estenssoro  
© Instituto Igualdad

ISBN: 978-956-303-118-8  
Inscripción N° 204.332

Edición: Fernando Estenssoro  
Corrección: Alejandra León  
Diseño y Diagramación: Alejandra Norambuena  
Impresión: Frasis  
Imagen de portada: Earth image courtesy of NASA · <http://www.sxc.hu/profile/spekulator>

Derechos exclusivos reservados para todos los países.  
Prohibida su reproducción total o parcial, para uso privado o colectivo,  
en cualquier medio impreso o electrónico, de acuerdo a las leyes 13.336  
y 18.443 de 1985 (Propiedad intelectual).

Impreso en Chile / Printed in Chile

## ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE. UNA ECUACIÓN DIFÍCIL PARA AMÉRICA LATINA

### LOS DESAFÍOS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ADELA CUBILLOS Y FERNANDO ESTENSSORO,  
COMPILADORES

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

Crisis ambiental y desarrollo energético: un problema político <b>Fernando Estenssoro Saavedra</b>	9
---	---

### PRIMERA PARTE

HACIA LA SUPERACIÓN DE LAS ENERGÍAS FÓSILES	23
1. Energía y Medio Ambiente: el desafío de producir energía eléctrica en el contexto del cambio climático <b>Juan Manuel Zolezzi Cid</b>	25
2. Energías renovables: un desafío para Chile <b>Marcelo Tokman Ramos</b>	45
3. La discusión política entre las distintas alternativas energéticas frente al cambio climático <b>Ricardo Núñez Muñoz</b>	65
4. El comienzo del fin de la era del petróleo <b>Ernesto Águila Mancilla</b>	75
5. La hora de las energías renovables <b>Raúl Sohr Biss</b>	95
6. Calentamiento global y elites: entre las energías convencionales y las energías alternativas <b>Cristián Parker Gumucio</b>	103

<b>SEGUNDA PARTE</b>	
<b>LA ALTERNATIVA NUCLEAR FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	125
7. Energía nuclear: ¿riesgo u oportunidad? <b>Jorge Zanelli</b>	127
8. El desarrollo nuclear en Chile: las perspectivas favorables y críticas <b>Adela Cubillos Meza</b>	149
9. Energía nuclear. ¿Riesgos u oportunidades? La experiencia brasilera <b>José Augusto Perrotta</b>	181
<b>TERCERA PARTE</b>	
<b>LOS DESAFÍOS DEL DESARROLLO Y DE LA INTEGRACIÓN DE AMÉRICA LATINA</b>	201
10. La energía y el medio ambiente: «una mirada regional desde la perspectiva de la seguridad y geopolítica» <b>John Griffiths Spielman</b>	203
11. Momentos palmerstonianos. Retórica integracionista y conductas divisivas a la luz de la cumbre energética, 2007 <b>Iván Witker</b>	219
12. América Latina entre el cuidado y la dependencia de sus recursos naturales <b>Oswaldo Sunkel</b>	239
<b>LOS AUTORES</b>	249

## INTRODUCCIÓN

### Crisis ambiental y desarrollo energético: un problema político

FERNANDO ESTENSSORO SAAVEDRA

Uno de los temas que mayor proyección tiene en el debate político global y en el nuevo orden mundial emergente es la interacción entre la problemática ambiental y la problemática energética. Si bien la tendencia tradicional ha sido analizarlas por separado, como si cada una de ellas respondiera a lógicas diferentes, lo cierto es que ambas son variables de una misma ecuación político-estratégica cuya solución es en extremo compleja y que, además, se proyecta determinante para las relaciones de poder en el presente siglo.

Como muy bien ha señalado Oswaldo Sunkel, la energía no es un recurso más, por el contrario, tiene un carácter estratégico único, dado que se pueden sustituir las fuentes energéticas, pero el fluido energético es insustituible, es imprescindible en cualquier proceso

de transformación o producción. Por lo tanto, la energía siempre ha jugado un papel crítico en el proceso económico de cualquier sociedad.

Más aún, la producción de energía y el estado del medio ambiente están íntima e indisolublemente relacionados, dado que cualquier sociedad humana es un fenómeno que ocurre en el espacio y en el tiempo, y la característica espacial hace referencia a la dependencia que tiene ésta del medio natural o geográfico para la posibilidad de su existencia y evolución. En este sentido, el ser humano recurre a la naturaleza en busca de fuentes de energía a fin de aumentar su capacidad de uso del espacio natural, siempre en busca de recursos para su subsistencia. De aquí entonces, el simple hecho de existir de la sociedad humana implica la permanente transformación de la naturaleza. Por este motivo, se afirma que “ninguna civilización ha sido ecológicamente inocente”.<sup>1</sup>

Por lo tanto, cuando vivimos en una época histórica señalada con la impronta de la crisis ambiental global, donde el cambio climático es una de sus variables, la ecuación energía-medio ambiente adquiere una centralidad determinante para el destino de la humanidad.<sup>2</sup> Y dado que no vivimos en un mundo políticamente homogéneo, sino que, por el contrario, la asimetría de poder entre las diversas comunidades que lo componen es su característica, en este

proceso de búsqueda de soluciones a la ecuación energía-medio ambiente, que será crecientemente determinante para las relaciones nacionales e internacionales, no se pueden descartar también considerables niveles de tensión y conflicto.

Por ejemplo, si tan solo nos retrotraemos a las dos últimas décadas, para nadie es un misterio la creciente presencia en la agenda pública mundial del tema del cambio climático o “calentamiento global”, ya que hay un claro consenso científico de que si la temperatura media del planeta aumenta sobre los 2°C en los próximos años, las consecuencias serán catastróficas para un sector importante de la humanidad.<sup>3</sup> Y si bien nadie discute que es un fenómeno global por excelencia, y en donde se requiere de la colaboración y cooperación del conjunto de la comunidad internacional para una solución justa y razonable a todos, esta no se ve tan fácil de alcanzar.

Basta recordar las expectativas y posterior frustración que generó la Cumbre sobre Cambio Climático realizada en Copenhague en diciembre de 2009, donde los países intentaron vanamente alcanzar un acuerdo vinculante que reemplace y supere al también frustrante Protocolo de Kioto firmado en 1997 y que expira el año

<sup>1</sup> Deléage, Jean Paul. *Historia de la ecología: una ciencia del hombre y de la naturaleza*. Barcelona, Icaria, 1993, p. 283.

<sup>2</sup> Recordemos que el Cambio Climático es componente de un fenómeno mayor conocido como *crisis ambiental*, y expresa la paradójica situación donde el propio crecimiento económico, junto al elevado nivel de desarrollo y estándar de vida alcanzado por la Civilización Industrial (donde los países del Primer Mundo son sus ejemplos arquetípicos) han creado problemas de carácter ecológico y ambientales de tan enorme magnitud que, por primera vez en la historia, la continuidad de la vida del ser humano en el planeta, así como el proceso de la vida del planeta mismo están en riesgo por causas antropogénicas. Fundamentalmente, los grandes problemas que constituyen la crisis ambiental se refieren a la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, el calentamiento global o cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales, la destrucción de la capa de ozono y la llamada explosión demográfica. En: Estenssoro, Fernando. *Medio Ambiente e Ideología*. Santiago, USACH-Ariadna, 2009.

<sup>3</sup> El tema del Cambio Climático, desde la perspectiva ambiental, se refiere al aumento no natural de la temperatura media del planeta por causa de la alta concentración en la atmósfera de los gases efecto invernadero o GEI, que se emiten por la actividad humana. El efecto invernadero es un fenómeno natural, de la misma forma como existe un cambio natural de la temperatura promedio de la Tierra y, por lo tanto, de su clima; sin embargo se considera que la actividad humana está provocando un peligroso aceleramiento del aumento de esta temperatura media. Las principales actividades humanas que emiten GEI son: suministro de energía, 25,9%; Industria, 19,4%; deforestación, 17,4%; Agricultura, 13,5%; Transporte, 13,1%; Viviendas y edificios comerciales, 7,9%; desechos y aguas residuales, 2,5%. Por su parte, los GEI son de dos tipos: los naturales y los creados íntegramente por el hombre. Los naturales son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). Los creados por el ser humano, son los halocarbonos, el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). De todos estos, la emisión antropogénica del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el que más contribuye a este calentamiento global. En: Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change. Summary for policymakers and Technical Summary*. IPCC, 2007, pp. 27-30.

2012. En Copenhague, la potencia más rica, desarrollada e industrializada, y también más emisora de CO<sub>2</sub> del planeta, los EE.UU., negoció un principio de acuerdo con cuatro grandes países emergentes y también fuertes emisores de CO<sub>2</sub>: China, India, Brasil y Sudáfrica. Sin embargo, se trató de una negociación a puertas cerradas y sin la intervención del resto de países que participaban de la Cumbre y que, además, son parte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima (COP), lo que generó gran malestar e implicó poner en jaque al espíritu multilateralista y democrático que inspira a la Organización de las Naciones Unidas ¿Si finalmente fue esta conversación a puertas cerradas lo que permitió dejar una vía abierta a las futuras negociaciones para alcanzar un acuerdo global vinculante que supere al protocolo de Kioto, significa entonces que los únicos acuerdos viables serán aquellos alcanzados entre “poderosos”?

Por cierto las negociaciones del COP continuaron tras el fracaso de Copenhague el 2009 y, en diciembre del 2010, se realizó la reunión del COP 16 en Cancún-México. Esta vez, a diferencia del año anterior en Copenhague, no hubo gran cobertura mediática previa, dado que sus resultados eran absolutamente inciertos y de hecho, muy poco se avanzó respecto de un acuerdo que reemplace al Protocolo de Kioto. Más allá de las declaraciones de buenas intenciones, las lecturas más optimistas de este encuentro de Cancún 2010 destacaron que su principal logro fue algo que es previo a conseguir un acuerdo vinculante global para enfrentar el cambio climático, y es que la ONU siga siendo el vehículo de negociación internacional principal para alcanzar un acuerdo y no las reuniones a puertas cerradas entre potencias mundiales, ya sean consolidadas o emergentes.

Lo cierto es que lo ocurrido en Copenhague 2009, no fue algo menor. Por el contrario, refleja de muy buena manera la extrema complejidad por la que atraviesan las relaciones internacionales al comenzar el siglo XXI, cuando se trata de concordar acciones globales que involucran a todos o casi todos los actores del sistema internacional como es el caso del cambio climático. Complejidad que presenta momentos de alta tensión y que pueden aumentar en el futuro mediato, particularmente en esta ecuación energía y medio

ambiente. Al respecto, puntualicemos algunos factores que contextualizan esta discusión.

## CAMBIO CLIMÁTICO Y FUENTES DE ENERGÍA

Como es sabido, este aumento anormalmente acelerado de la temperatura media del planeta, se debe a la concentración de los gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, que se producen por acción antropogénica, particularmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).<sup>4</sup> Y su causa fundamental son las fuentes fósiles (carbón, gas y petróleo) de la matriz energética sobre la cual se ha edificado la Civilización Industrial.<sup>5</sup> Sin embargo, este uso intensivo y extensivo de las fuentes fósiles para la producción de energía fue el que permitió que un sector minoritario de la humanidad, que denominamos Primer Mundo, haya alcanzado un altísimo nivel de vida para su población. Vale decir, el alto nivel de riqueza y desarrollo del Primer Mundo tiene directa relación con el “calentamiento global”. Ellos son los mayores consumidores de energía *per cápita* y, por tanto, los mayores emisores de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Pero este tema es aún más complejo, dado que todos los países en vías de desarrollo buscan alcanzar estándares de vida para sus pueblos similares a los del Primer Mundo, para lo cual imitan, de una u otra forma, el camino recorrido por los que ya son desarrollados, contribuyendo así, a la concentración de los GEI en la atmósfera. Y, si bien se están realizando esfuerzos por modificar la matriz

<sup>4</sup> Los combustibles fósiles son los grandes emisores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que a su vez es el más importante de los gases efecto invernadero (GEI) de raíz antropogénica, con más del 76% del total de estos. **En:** Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007. Synthesis Report*. Sweden, IPCC, 2008, p. 28.

<sup>5</sup> El cuadro de emisión global de GEI por acción antropogénica al año 2004 era el siguiente: CO<sub>2</sub>, producto de quema de combustibles fósiles=56,6%; CO<sub>2</sub> proveniente de la deforestación=17,3%; CH<sub>4</sub>=14,3%; N<sub>2</sub>O=7,9%; CO<sub>2</sub> proveniente de otras fuentes=2,8%; F-gases=1,1% (Ibíd).

energética global, ésta muestra una extrema dependencia de las fuentes fósiles, particularmente del petróleo, al punto que no pocos autores señalan que vivimos en una “civilización del petróleo”.<sup>6</sup> Por lo tanto, en los actuales tiempos de globalización, el desarrollo y crecimiento económico se sustenta en una matriz energética fósil, donde el petróleo y sus derivados sostienen una creciente demanda de energía, ya sea para superar la pobreza y el subdesarrollo (la mayoría), o para mantener y/o aumentar el alto nivel de vida alcanzado (los menos). Y esta dependencia de fuentes energéticas fósiles es, en gran medida, la responsable del “calentamiento global”, cuyas consecuencias se visualizan desastrosas y obligan a actuaciones colectivas y urgentes a nivel mundial si concordamos con Fred Pearce, cuando señala que para evitar un aumento de 2°C en la temperatura media del planeta se necesita que las emisiones de CO<sub>2</sub> alcancen “su valor máximo en aproximadamente cinco años, reducirse por lo menos a la mitad en los cincuenta subsiguientes y continuar después con una tendencia a la baja”.<sup>7</sup>

## LA SEGURIDAD ENERGÉTICA

De lo anterior se desprenden varias consecuencias políticas y estratégicas. Una de ellas es que ningún país rico del mundo está dispuesto a disminuir conscientemente su actual estándar de vida o retrotraerlo a estándares de décadas pasadas con el propósito de

<sup>6</sup> Recordemos que, tras el término de la Segunda Guerra Mundial, el petróleo pasó a sustentar el espectacular crecimiento económico-industrial de Europa Occidental, Estados Unidos, Japón, Australia y Canadá, y algo más tarde, de los llamados “tigres asiáticos”. Y es esta misma base energética la que está sustentando el acelerado crecimiento económico de China, Rusia e India, países que junto a Brasil, se proyectan como las nuevas economías gigantes de las próximas décadas.

<sup>7</sup> Fred Pearce, en *Das Wetter von Morgen. Wenn das klima zur bedrohung wind*. Munich, 2007. Citado en Welzer, Harald. *Guerras climáticas*. Madrid, Katz Editores, 2010, p. 69.

atenuar la emisión global de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Por otro lado, dado que el mundo (y las personas) no consumen energía de manera homogénea y tampoco las fuentes energéticas se distribuyen de manera homogénea en el planeta, sobre todo si hablamos de petróleo y gas, su acceso se ha transformado en un tema en extremo delicado, sobre todo para las grandes economías primer-mundistas y altamente industrializadas que son sus mayores consumidoras con los EE.UU., a la cabeza.

Lo anterior significa que, para el Primer Mundo, el acceso al petróleo y al gas es casi como su “acceso a la vida” y para su abastecimiento dependen, en gran medida, de áreas del mundo que consideran inestables políticamente lo que pone un gran manto de incertidumbre respecto de la posibilidad de contar con suministros seguros e ininterrumpidos.<sup>8</sup>

De hecho, para los principales especialistas en geopolítica mundial esta situación es la que está causando los más serios conflictos bélicos en la actualidad como es, por ejemplo, la situación de Afganistán y la ocupación de Irak por parte de los EE.UU. Y el ejemplo más reciente respecto de la incertidumbre que genera para los países consumidores las consecuencias de la inestabilidad política de los principales países productores lo tenemos en los acontecimientos de marzo del 2011 en Libia, donde la guerra civil, nuevamente “disparó” al alza el precio internacional del crudo, así como puso una

<sup>8</sup> Por ejemplo, en la actualidad los diez países que son los mayores consumidores de petróleo concentran sobre el 62% de las importaciones del crudo mundial (Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, China, India, Alemania, Francia, Italia, España y Holanda), y poseen menos del 5% de las reservas mundiales del mismo. Por otra parte, los diez mayores exportadores mundiales de hidrocarburos realizan el 70% de las ventas, y ocho de ellos se localizan en las cuatro grandes zonas productoras del globo: Medio Oriente (Arabia Saudita, Kuwait, Irán, Emiratos Árabes Unidos), África (Nigeria, Argelia), ex URSS (Rusia) y América Latina (Venezuela); mientras que los otros dos, Noruega y México, pertenecen también a las zonas consumidoras. Con respecto del gas natural, los diez mayores exportadores realizan el 75% de las ventas mundiales y cinco de ellos se ubican en Rusia, Argelia, Turkmenistán, Qatar y Kazajistán, mientras que los otros cinco pertenecen a zonas que son grandes consumidoras: Canadá, Noruega, Holanda, Indonesia y Malasia. Basado en Palazuelos, Enrique (director). *El petróleo y el gas en la geoestrategia mundial*. Madrid, Akal, 2008.

gran incertidumbre sobre la posibilidad que los países europeos (principalmente), puedan seguir contando de manera segura con el suministro que proviene de ese país.

Igualmente, este tema de la seguridad energética se complementa con la discusión respecto de si el petróleo se está agotando o no, así como de la demanda de alta tecnología para la explotación de nuevas fuentes de hidrocarburos, dado que en ambos casos la tendencia sería a su encarecimiento progresivo.<sup>9</sup>

Finalmente, todo este panorama sobre seguridad energética se vuelve aún más complejo si se agrega el tema del “calentamiento global”. Esto es así porque, si bien el carbón existe en abundancia, es relativamente barato y podría suplir al petróleo y al gas, es el más contaminante de todos los combustibles fósiles respecto de la emisión de CO<sub>2</sub>, por lo tanto la expansión de su uso es visto como un fenómeno crecientemente inaceptable frente a la problemática del cambio climático.

De esta forma, la escasez de hidrocarburos, la inseguridad en su abastecimiento, el alza de precios, el aumento sostenido de la demanda energética mundial y aceleramiento del cambio climático son las variables que hace en extremo compleja la ecuación energía y medio ambiente, junto con proyectar un escenario político internacional que se puede tornar muy conflictivo. Como bien plantea el politólogo canadiense Thomas Homer-Dixon, el “stress energético” a raíz de la crisis de producción del petróleo, unido al “stress ambiental”, con problemas como la deforestación, la falta de agua y el crecimiento demográfico, además del “stress del Cambio Climático”, entre otras tensiones globales, se están transformando en una amenaza catastrófica para el orden mundial.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Por ejemplo, está el caso de las nuevas reservas brasileras, descubiertas en el 2007, pero que está a grandes profundidades bajo el lecho oceánico, en la cuenca marítima de Santos del Estado de São Paulo; y, por otra parte, si bien existen otras fuentes conocidas, como las arenas betuminosas, igualmente requieren de un tratamiento de alta tecnología.

<sup>10</sup> Homer-Dixon, Thomas. *The Upside of Down. Catastrophe, creativity, and the renewal of civilization*. Canadá, Alfred A. Knopf / Random House, 2006.

## CÓMO SUPERAR UNA MATRIZ ENERGÉTICA FÓSIL

Resulta lógico, entonces, que desde hace más de dos décadas sea cada vez más relevante en la política mundial la discusión y esfuerzos por superar esta matriz energética fósil que caracteriza nuestro tiempo, particularmente la dependencia del petróleo. Hay conciencia sobre la necesidad de contar con fuentes energéticas “limpias” (no emisoras de GEI, particularmente CO<sub>2</sub>), así como “seguras” en cuanto a la disponibilidad de ellas. Sin embargo, el tema no es fácil. Cuando entramos a analizar las posibilidades de su rápida y efectiva sustitución, encontramos serias dificultades.

Por una parte, existe la energía hidráulica, pero el agua no se reparte de manera uniforme por el territorio, además esta fuente se ve enfrentada al tema de las sequías, por lo que es sabido de su intermitencia en el abastecimiento.

Por otra parte, si bien es cierto el enorme desarrollo que están teniendo las nuevas energías renovables no convencionales (ERNC), como la mareomotriz, eólica, geotérmica, solar, entre otras, éstas aún son poco competitivas y eficientes como para pensar en desplazar definitivamente a las energías fósiles. Además, algunas de ellas, como los biocombustibles, enfrentan voces señalando que generarían un problema peor del que buscan solucionar (deforestación para cultivos afines, menos tierras disponible para producción de alimentos, mayor consumo de agua, etc.).

Igualmente, existe la alternativa de la energía nuclear, que es particularmente significativa en el contexto del cambio climático, ya que no son pocos los especialistas que consideran que es la única alternativa realista para reemplazar a los combustibles fósiles y/o hacer la transición desde la actual dependencia del petróleo hasta llegar a matrices energéticas inocuas en materia de GEI. Entre ellos el biólogo James Lovelock, baluarte del ecologismo primer mundista y padre de la teoría de Gaia.<sup>11</sup> Sin embargo, esta fuente energética enfrenta serias críticas, ya que el combustible del que se alimenta es

<sup>11</sup> Lovelock, James. *La Venganza de la Tierra*. Barcelona, Planeta, 2007.

extraordinariamente radioactivo y perdurable en el tiempo. Esto hace que el almacenamiento de sus residuos (combustible usado) sea un tema no menor, así como siempre exista la posibilidad de que sus plantas de producción sufran un accidente ya sea por causas humanas, como el ocurrido en Chernobil, Ucrania 1986, o por causas naturales, como el más reciente ocurrido en Fukushima, Japón, tras el terremoto y posterior tsunami que azotó a ese país zona el 11 de marzo de 2011. Y si bien esta discusión sobre la conveniencia o no de contar con fuentes nucleares para producir energía eléctrica se viene dando desde sus orígenes y se ha reactivado con fuerza cada vez que ha ocurrido un accidente como los señalados, ella no se ha dejado de utilizar. Al contrario, por paradójico que resulte, en una perspectiva histórica, su utilización viene en permanente aumento. Lo anterior implica que la polémica que suscita su uso sea de gran vigencia e interés, particularmente en países como Chile, altamente sísmico y con una costa de más de 4 mil kilómetros, ya que si bien no cuenta con plantas generadoras nucleares, no se descarta su construcción en un futuro próximo.<sup>12</sup>

Por lo tanto, la ecuación energía-medio ambiente, tiene variables en extremo complejas. Pero, por sobre todo su resolución requiere de una acción humana fundamental, quizás la más conflictiva de todas, la acción política. La crisis ambiental ha sido provocada por los seres humanos y serán los seres humanos los que deben solucionarla si quieren seguir existiendo. Sin embargo, y como lo hemos señalado, no vivimos en un mundo homogéneo, y más allá de los discursos políticamente correctos, consensuar soluciones para un tema de semejante envergadura, en un mundo que presenta realidades socio-económicas tan divergentes y relaciones de poder tan asimétricas es, a lo menos, un proceso lento y difícil.

<sup>12</sup> Al momento de escribir este artículo, la crisis nuclear desatada en la planta de Fukushima en Japón, estaba en desarrollo y existía una gran incertidumbre mundial respecto de su evolución. Particularmente en Chile se reactivó una importante controversia (altamente mediática) entre partidarios y opositores a esta alternativa energética, dado que el Gobierno se preparaba para firmar un acuerdo de asistencia en materia nuclear entre Chile y EE.UU., en el marco de la visita que realizaría el Presidente de EE.UU. al país los días 21 y 22 de marzo de 2011.

## UNA REFLEXIÓN SOBRE AMÉRICA LATINA

Particularmente, este es un tema complejo y no menor para América Latina. En primer lugar es un continente en vías de desarrollo y la superación de sus urgencias sociales, aún dependen de la explotación primaria de sus recursos naturales. La no explotación primaria de sus ecosistemas naturales y/o la explotación cada vez más sustentable de los mismos requiere contar con tecnología de punta (entre otros aspectos), tema en el cual manifestamos evidentes retrasos y su adquisición es cara. Y lo mismo ocurre con la satisfacción de la creciente demanda energética ¿Cómo producir y asegurar una demanda energética, al más bajo costo posible, tanto económico como ambiental?

En segundo lugar, y frente a un tema en el cual se ha reflexionado menos, se debe considerar las particularidades biogeográficas de esta parte del mundo en el contexto de la crisis ambiental global. Por ejemplo, frente temas como la mitigación del cambio climático y la protección de la biodiversidad, América Latina presenta un espacio geográfico relativamente poco intervenido por la acción del ser humano y relativamente poco poblado si se compara con el espacio geográfico del norte del mundo, lo que entre otros aspectos implica una mayor existencia de biodiversidad de sus ecosistemas. Además, en este espacio radican ecosistemas fundamentales para la “salud” planetaria, debido a que absorben de manera natural el CO<sub>2</sub> como es el caso arquetípico de la Amazonía (y la presión primer mundista para incidir en su destino y gestión está aumentando). ¿Cómo negocia y saca beneficios de esta situación América Latina, de manera libre e independiente y sin caer en las tradicionales relaciones de subordinación centro-periferia que la han caracterizado?

En síntesis, la ecuación crecimiento económico, desarrollo energético, protección ambiental y conservación de los ecosistemas no es un tema de fácil solución para esta parte del mundo. Sin embargo, no por ello se debe dejar de intentar y, en este esfuerzo, el papel de la academia es fundamental, precisamente por su capacidad para analizar la realidad y pensar procedimientos y nuevas estrategias de solución que vayan más allá de las respuestas tradicionales.

Bajo estas reflexiones se desarrolló en la USACH, en el mes de octubre del 2009, el Seminario *Energía y Medio Ambiente: una ecuación difícil para América Latina*. Si bien se trató de un evento realizado hace más de un año, sus temas están absolutamente vigentes y son de interés para la comunidad académica y ciudadanía en general. Se trató de un debate multi-disciplinario que, bajo el problema del cambio climático, analizó temas tales como el presente y futuro del petróleo y las posibilidades de su sustitución, pasando por las energías renovables convencionales y no convencionales hasta la energía nuclear. Por cierto, se han llevado a cabo muchos otros debates similares, —y está muy bien que se hagan, dada la importancia del tema—, pero la singularidad del que se menciona, es que este buscó ir más allá de la mirada sectorial e interrelacionó las complejas variables técnicas, con las variables políticas y sociales que se entrecruzan en este problema. Esta particularidad es la que se recoge en el presente libro, en donde las distintas ponencias fueron divididas en tres grandes áreas temáticas. La primera parte, *Hacia la superación de las energías fósiles*, recoge el argumento que, frente al tema del cambio climático, plantea la urgente necesidad de modificar la dependencia que la matriz energética presenta respecto de las fuentes fósiles, así como el debate entre quienes están por favorecer las alternativas no fósiles convencionales y los que argumentan la necesidad de favorecer el desarrollo de las energías renovables no convencionales. En la segunda parte, *La alternativa nuclear frente al cambio climático*, se presenta el debate centrado en torno a la viabilidad de desarrollar la energía nucleoelectrónica y sus riesgos. En este sentido, se expuso parte de la discusión que existía al año 2009 en Chile, así como la experiencia que en materia de generación núcleo eléctrica ha implementado el Brasil, y si bien no se recoge la discusión posterior al accidente de Fukushima del 2011, las exposiciones son muy vigentes y aportan a este debate que con seguridad continuará. Finalmente, en la tercera parte *Los desafíos del desarrollo y de la integración de América Latina*, se recoge el debate respecto a la posibilidad de avanzar en un proceso de integración regional en el plano energético, así como los problemas de pensar, tanto el desarrollo, como los problemas de seguridad en la región, frente a la nueva realidad global que impone el cambio climático.

De esta forma, con la presente obra se materializa el interés del Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Santiago de Chile por compartir con los ciudadanos y lectores en general, el análisis e investigación de académicos y otros expertos sobre temas de gran actualidad e importancia para nuestra vida colectiva a nivel nacional, regional y mundial. Igualmente, agradecemos la ayuda prestada por el Instituto Igualdad para enriquecer el debate en este seminario, así como su colaboración en la presente publicación.

Santiago, Marzo 2011

# I

PRIMERA PARTE

Hacia la superación de las energías fósiles

# 1.

## ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE: El desafío de producir energía eléctrica en el contexto del cambio climático

JUAN MANUEL ZOLEZZI CID

### INTRODUCCIÓN

Al momento de inaugurar este seminario, junto con agradecer la presencia de todos ustedes y de los destacados especialistas que nos acompañan, permítanme advertirles que, por una parte, vengo del área de la ingeniería eléctrica y, por otra, si bien la Presidenta me nombró hace unos cuatro meses (junio 2009) miembro de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, el cargo de rector me consume 24 horas al día, así que siempre me falta el tiempo para profundizar todo lo que yo querría en este tema. Sin embargo, pese a estas «falencias», algo he reflexionado frente al tema que nos convoca en este día y me interesa compartirlo con ustedes.

Sin duda que la ecuación energía-medio ambiente, es un problema complejo que incluye múltiples variables. En primer lugar quisiera enfatizar los desafíos presentes que tenemos como país frente al tema del abastecimiento energético. Un desafío ineludible, es el de garantizar el suministro. Esto implica, entre otros aspectos, diversificar las fuentes energéticas. Otras variables, muy importantes a considerar, se refieren a disminuir los costos, tanto por una mayor eficiencia en el uso y gestión de la energía, como por el ahorro energético. Y por cierto, también se deben incluir los costos externos asociados a la generación energética y que normalmente se omiten. Por último, todas las variables anteriores se deben analizar bajo el actual contexto de Cambio Climático y/o, más ampliamente, bajo criterios de protección ambiental. O sea, la generación de energía debe hacerse cargo, tanto de los desafíos relativos a la mitigación del llamado calentamiento global, así como disminuir la contaminación local y regional, y/o minimizar los residuos que hoy día provoca la generación.

Yo diría que el desafío de producir energía en el contexto del Cambio Climático, implica resolver correctamente una ecuación que tiene en la garantía del suministro, la generación a costos competitivos y la protección medioambiental, sus tres variables claves.

#### 1. LA NECESIDAD DE CONTAR CON ENERGÍA QUE NO EMITA GASES EFECTO INVERNADERO (GEI)

En mi opinión debemos partir de la premisa que el objetivo de contar con energía es aumentar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida de los habitantes del planeta. Por lo tanto, no se puede establecer ni mantener desarrollo sostenido y sostenible sin un consumo de energía suficiente y eficiente.

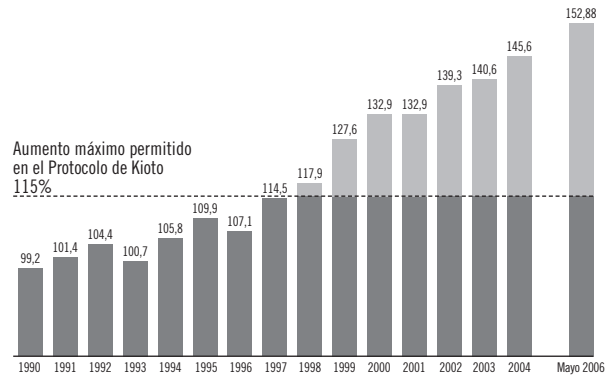
Lo cierto es que, hoy día, estamos todos acostumbrados a la energía eléctrica y sería casi inaceptable no usarla. Pero sabemos que

los recursos energéticos para producirla son limitados y, además, todas las fuentes producen impactos sobre el medio ambiente. Por lo tanto, por una parte, necesitamos energía barata y, por otra, crecientemente «limpia». Esto significa, entre otras cosas, evitar el despilfarrero y obtener un desarrollo energético equilibrado. Y para esto es imprescindible que exista un control social efectivo sobre todas las fases del ciclo energético.

La segunda premisa, es que es absolutamente necesario contar con una generación de energía que evite seguir contribuyendo al calentamiento global, como ocurre hoy en día. El ciclo completo de la energía es una de las principales fuentes de emisiones de gases causantes de efecto invernadero (en adelante, GEI). Por lo tanto, el desafío mundial que enfrentamos es suministrar la creciente demanda de energía controlando las emisiones de estos gases, particularmente el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>. Para esto es clave la promoción de políticas que incentiven la eficiencia energética, el uso racional de la misma (ahorro energético), así como estimular un conjunto de energías que produzcan el menor impacto posible en el medio ambiente.

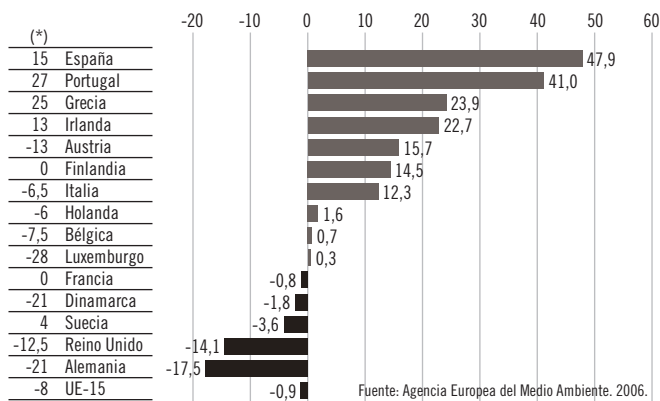
Más de la mitad del efecto invernadero procede del CO<sub>2</sub>, y tres cuartas partes de este CO<sub>2</sub> es causado por el uso de combustibles fósiles. Si se continúa como hasta ahora, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, a mediados del siglo XXI será dos veces mayor de lo que era antes de la revolución industrial.

Por este aceleramiento del efecto invernadero, las temperaturas medias a nivel planetario van a aumentar entre 1,5° y 4,5° Celsius desde ahora hasta el 2100. Esto significa un cambio espectacular y dramático frente a los reducidos cambios de temperatura media que hemos tenido en toda nuestra historia de civilización. Vale decir, en menos de 100 años vamos a provocar un cambio sin precedentes. Y, si bien es posible que nosotros no veamos ni suframos todo el impacto que estamos causando al ecosistema planetario, es altamente probable que nuestros hijos o nietos sí vayan a vivir los cambios que se vaticinan, en toda su nefasta magnitud. Por lo tanto, también es pensando en ellos que debemos actuar ahora, ya que en caso contrario tampoco van a lograr superar el problema si hoy nosotros no hacemos nada.

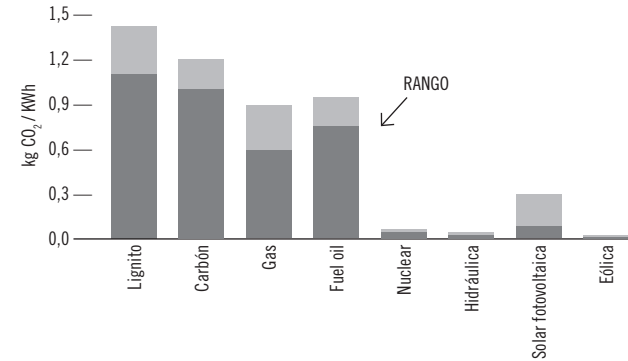


**Figura 1: Evolución de las emisiones.**  
Porcentaje de variación sobre el año base.  
Fuente: Foro de la industria nuclear española.

En la Figura 1, se aprecia la evolución de las emisiones de GEI y hasta donde se preveía su aumento máximo permitido por el protocolo de Kioto. Entonces podemos ver cómo hemos ido sobrepasando fuertemente esos niveles máximos estimados en Kioto. Fenómeno en



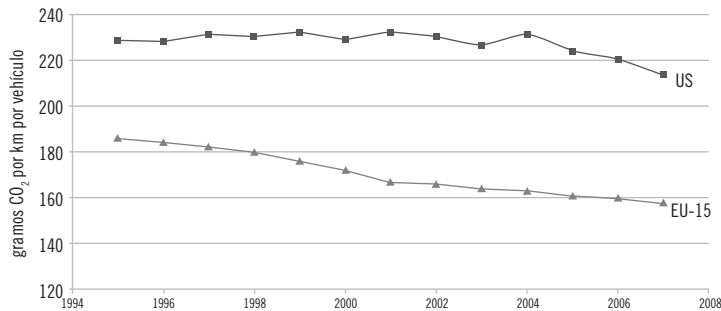
**Figura 2: Cumplimiento del Protocolo de Kioto. Datos en porcentaje.**  
(\*) Compromiso de emisiones en el período 2008-2012 según el Protocolo de Kioto.  
Fuente: Foro de la industria nuclear española.



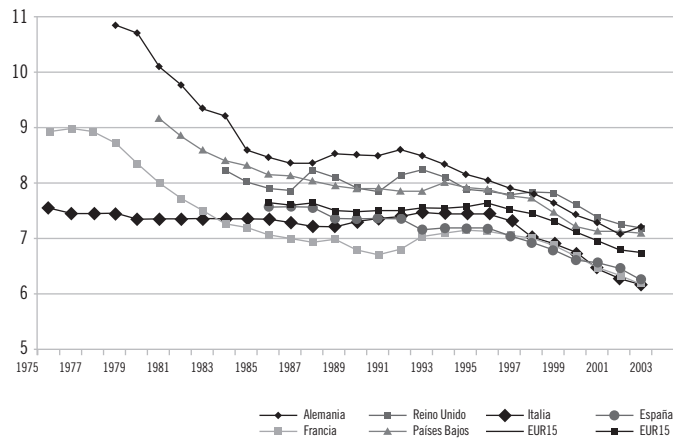
**Figura 3: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> de las distintas opciones de generación eléctrica.**  
Fuente: Foro de la industria nuclear española.

extremo preocupante. En la Figura 2, vemos quienes no están cumpliendo con el protocolo y quienes han tenido resultados positivos en su control. En la Figura 3, se observan las emisiones, dependiendo de las diferentes fuentes de energía (carbón, gas, petróleo, nuclear, hidráulica, solar, fotovoltaica, eólica).

Ahora, resulta interesante ver cómo las emisiones por vehículo han ido disminuyendo tanto en la Unión Europea, como en los Estados Unidos. Y, si se mira la tendencia, se ve que en el consumo de combustible, litros por kilómetros, se está llegando a 6 litros por cada 100 kilómetros (Figuras 4 y 5). Este éxito se debe a los vehículos híbridos, donde algunos ya están llegando a los 96 kilómetros por litro, porque combinan el motor a combustión con energía eléctrica sustentada en baterías de litio. Y, cabe agregar que el litio es un elemento nuclear del cual Chile posee una cantidad importante (creo que las baterías de litio serán un recurso clave en esta ecuación energía medio ambiente, en un futuro muy cercano). Pues bien, todo este esfuerzo por aumentar el rendimiento de los motores de los vehículos obedece a políticas que incentivan un uso de energías cada vez más limpias. Vale decir, políticas que incentivan la invención de motores que sean muy bajos o nulos en emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Figura 4: Emisión de CO<sub>2</sub> por vehículos livianos, EU-15 y US.**  
Fuente: EU Commission, US Department of Transport.

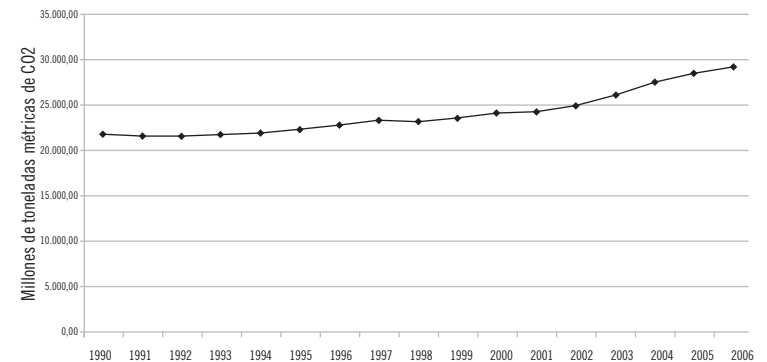


**Figura 5: Consumo específico de combustibles de nuevos automóviles (litros/100 km).**

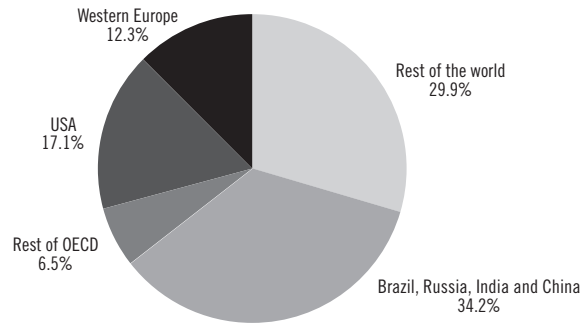
Por lo tanto, es evidente que hay preocupación por el problema del calentamiento global, y es evidente que se están buscando soluciones. Sin embargo, pese a toda esta preocupación y/o avances, como el ejemplo sobre el desarrollo de motores híbridos, las

emisiones globales GEI, particularmente CO<sub>2</sub>, están en aumento. Aumento que, como es sabido, viene desde la Revolución Industrial en adelante, debido que esta estimuló el consumo de combustibles fósiles. Y, particularmente, durante todo el siglo xx, este aumento se ha venido acelerando hasta llegar a los niveles crecientemente críticos en los que nos encontramos hoy en día.

En este sentido, sin duda que los países más ricos e industrializados como los EE.UU., Rusia, Europa y la OECD en general, son los que más emiten GEI. Pero los países que están en un rápido desarrollo, como China, Brasil y la India, los están alcanzando. Además, los países latinoamericanos también muestran una tendencia al aumento de sus emisiones. Y esto es así, porque hasta ahora ha existido una relación directa entre aumento del nivel de crecimiento económico-industrialización y desarrollo de un país con el aumento del nivel de emisiones de GEI, lo que explica que sean los países más industrializados los más contaminantes. De hecho, se encuentra una clara tendencia que asocia un mayor PIB *per cápita* con un mayor nivel de consumo de energía por habitante, junto con un mayor nivel de emisión de CO<sub>2</sub> del país.

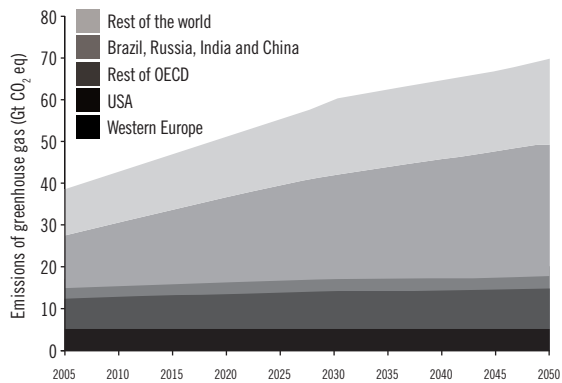


**Figura 6: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> a nivel mundial.**  
Fuente: Energy Information Administration, International Energy Annual 2006.

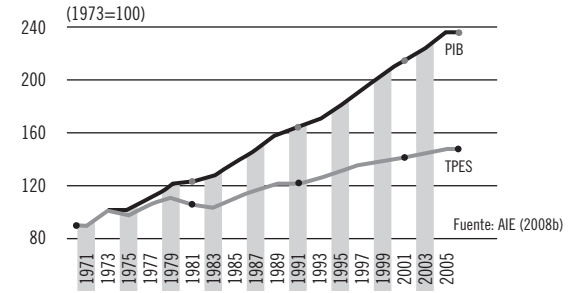


**Figura 7: Participación en emisión de gases de efecto invernadero en año 2005.**  
Fuente: OECD Environmental Outlook to 2030 (2008) and OECD ENV-Linkages model.

Pero esta tendencia está cambiando. Se estima que, en las próximas décadas, serán los países en vía de desarrollo los que representen la mayor proporción de emisiones globales de GEI. En cambio, los países más ricos e industrializados como los de la OECD, estarían logrando separar la relación directa entre mayor PIB = mayor emisión de CO<sub>2</sub>, dado que se encuentran en una etapa de aumento de su eficiencia energética, lo que demuestra una clara voluntad política al respecto.



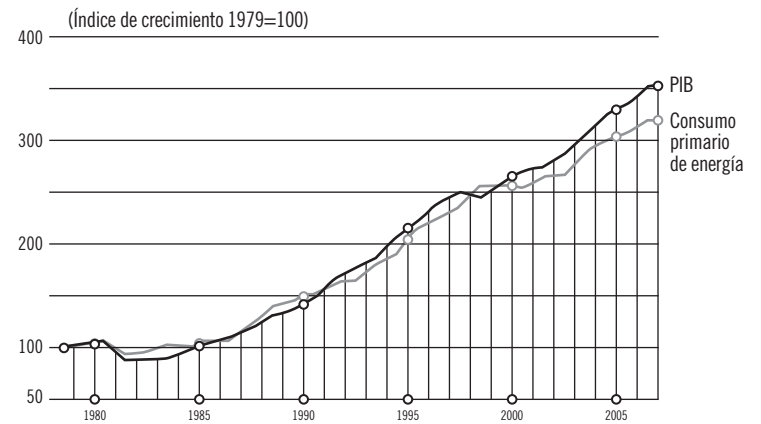
**Figura 8: Los países en vías de desarrollo representarían la mayor parte del aumento en emisiones de gas invernadero mundiales durante las décadas que vienen.**  
Fuente: OECD Environmental Outlook to 2030 (2008) and OECD ENV-Linkages model.



**Figura 9: Países OCDE.**  
Fuente: CNE, política energética nuevos lineamientos.

Para el caso de Chile, vemos que el país tiene niveles de emisión por habitante bastante altos, e igualmente se aprecia la relación directa entre el aumento de PIB con el aumento del consumo de energía eléctrica.

Sin embargo, también es cierto que, pese al aumento de la eficiencia energética que se aprecia en los países de la OECD, este éxito, por sí mismo, no basta para superar el problema del Cambio

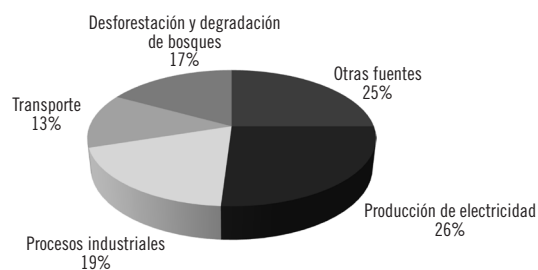


**Figura 10: Relación PIB y consumo primario de energía, Chile.**  
Fuente: CNE (elaboración propia con datos de cuentas nacionales del Banco Central).

Climático o calentamiento global. El problema debe ser analizado en toda su magnitud y las proyecciones indican que, para el 2030, se espera que la economía mundial se duplique y que la población del mundo aumente, pasando de los actuales 6.500 millones a 8.200 millones de habitantes. Esto llevará, ineluctablemente, a que la demanda de energía también aumente hasta casi duplicarse en el 2030. Al respecto, se ha estimado que solo la electricidad en consumo total de energía aumentará de 18% el año 2000 a 22% el 2030. Por lo tanto, toda esta situación lleva a proyectar que las emisiones mundiales de GEI, aumentarán en un 37% hacia el año 2030, y un 52% en el 2050, respecto del año 2008.

Por este motivo, cuando se proyecta la actual tendencia de emisión de CO<sub>2</sub> hasta el año 2100, surge una curva ascendente realmente alarmante, que va de la mano del aumento de la temperatura media del planeta. Por lo tanto, si no se aplican nuevas políticas, en las próximas décadas se corre el riesgo de alterar en forma irreversible la estructura ambiental de nuestro mundo. Este es el gran peligro que se deriva de fenómenos como el Cambio Climático. Las consecuencias que se proyectan son desastrosas. Basta recordar la preocupación mundial que existe por la probable escasez de agua dulce, con sus consecuentes impactos sobre la salud, entre otros aspectos.

Toda esta situación explica los actuales esfuerzos y polémicas por disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen por las distintas actividades humanas, tales como: el transporte, la generación de energía, la deforestación y la actividad industrial, entre otras.



**Figura 11: Emisiones y actividad económica.**  
Emisiones de acuerdo a actividades económicas año 2004.  
Fuente: OCDE.

Está claro que una de las principales actividades que emiten CO<sub>2</sub> es la producción de energía eléctrica, particularmente porque dependemos de combustibles fósiles para producirla. En este sentido, un aspecto que no puede esquivarse del análisis es el costo económico de producción de energía porque está en directa relación al tipo de fuente que se utiliza para producirla. Existe la peligrosa costumbre de privilegiar la producción de energía más barata, pese a que esta puede ser más dañina para el medio ambiente. De aquí la necesidad de contar con buenas políticas ambientales y energéticas. No quepa duda que sin estas políticas adecuadas, los países en desarrollo no invertirán en sistemas de mitigación de CO<sub>2</sub>, si esta mitigación implica un aumento en sus costos de producción y no hay claridad respecto a los retornos de su inversión. Igualmente, políticas adecuadas evitarían que si el precio del petróleo aumenta se migre a fuentes más baratas, como es el caso del carbón, pero que es altamente emisor de CO<sub>2</sub>.

Por ejemplo, tenemos el caso chileno que, en los últimos años, ha experimentado un desarrollo explosivo de centrales generadoras de electricidad que utilizan carbón, frente a la disminución del gas natural que proviene de la Argentina. Vale decir, por razones geopolíticas ha existido una penetración muy fuerte del carbón y, de seguir la tendencia, puede llegar a ocurrir —ojalá que no ocurra—, que no pasemos de país vendedor de bonos de carbono a comprador de bonos de carbono, lo que sería nefasto para nuestra economía. Este es un caso particular de América Latina, donde se está mirando este combustible (el carbón) como un pilar de la energía a futuro y creo que eso no es lo adecuado en el actual contexto ambiental en que nos encontramos.

Por otra parte, el costo de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> será cada vez más alto en el futuro si no se toman las medidas ahora. Por este motivo, necesitamos políticas con visión de futuro, por difíciles que sean, para evitar los costos a largo plazo, producto de la inacción o de la acción postergada.

Al respecto, son varios los estudios que se han hecho, en el mundo y en Chile, sobre el costo en CO<sub>2</sub> que se emite por producto (o huella de carbono de un producto), con los actuales procedimientos de generación energética. Por ejemplo, producir en Chile

una tonelada de cobre fino hoy día, significa la emisión de 5 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

También existen muchos estudios sobre mitigación de los GEI. Hace unos cinco años atrás, participé en uno que analizó lo que sucedería con el impacto en emisiones de CO<sub>2</sub> de una serie de actividades domésticas (como calefacción, cocinar, otras) si se insertaba energía nucleoelectrónica al Sistema Interconectado Central (SIC) que, como se sabe, funciona sobre la base de la hidroelectricidad y combustibles fósiles. Así, se vio que en cosas tan simples como calefaccionar una pieza de 27 m<sup>2</sup>, para una ciudad como Santiago, se evitaba la emisión de 254 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

## 2. POLÍTICAS ORIENTADAS A LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI

Existe suficiente información y experiencia para afirmar que las políticas que se dediquen a la mitigación del efecto invernadero deben partir por asegurar el uso eficiente de los recursos, así como priorizar las acciones en los sectores claves que inciden en el calentamiento global, como es el área de la generación de energía, el transporte, la industria y la actividad forestal (ver figura 11). Igualmente, se debe fortalecer la cooperación ambiental internacional. Existen países que tendrán una participación clave en temas ambientales, ya que deberán instaurar agresivas políticas de mitigación de contaminantes si no quieren ver afectadas sus economías y relaciones internacionales en este mundo global, como es el caso de Brasil, China, India y Rusia.

Otro aspecto importante es tener una buena y equilibrada relación Estado-mercado. La experiencia chilena reciente en la producción energética debería enseñarnos que, en materias como esta, el mercado no puede ser absoluto. Sin duda que, durante un tiempo, el gas natural argentino fue una buena alternativa, más barata y menos contaminante, comparada con los costos del petróleo, que a su vez emite más CO<sub>2</sub>. Sin embargo, todos sabemos la grave crisis que

enfrentó nuestra producción de energía eléctrica, así como parte importante de la actividad industrial, cuando este gas dejó de fluir de manera suficiente hacia Chile por problemas de producción en la propia Argentina.

Yo estudié economía con aplicaciones al mercado energético y creo en el mercado, pero creo solo en ciertos aspectos del mercado, no creo en el mercado absoluto y total. El mercado no resuelve todas las cosas y, en materia de producción de energía y mitigación del Cambio Climático, vamos a tener problemas si nosotros no actuamos como Estado, y donde seamos incapaces de involucrar variables de mediano y largo plazo, previendo la evolución de aspectos que van más allá de los problemas de mercado. Vale decir, el tema de la seguridad energética y de la seguridad ambiental del país es un tema de Estado y requiere de políticas de Estado.

En una breve recapitulación de las medidas necesarias para mitigar el efecto invernadero, no podemos olvidar las siguientes:

- La mejor política es aquella que se hace en inversión y desarrollo. Formar capital humano es lo mejor que puede hacer este país para contribuir a la solución de estos temas, tanto en Chile como a nivel de toda la humanidad.
- Potenciar el uso de energías renovables también es importantísimo y algo se ha hecho al respecto. Es cierto que, en la actualidad, este uso es poco en cantidad, pero puede ser significativo en un momento determinado.
- Instaurar instrumentos sólidos para una adecuada distribución y valorización de reducción de emisiones de GEI, tales como impuestos a la valorización o permisos comercializables. Impuestos que tienen que ser drásticos para ser efectivos. Indudablemente, avanzar en una medida como esta es difícil políticamente, pero hay que hacerlo.
- De la misma forma, no podemos olvidar que se debe fortalecer la cooperación ambiental internacional. Está claro que el protocolo Kioto tiene que dar paso a un segundo, tercer y cuarto acuerdo que signifique tomar decisiones claves y obligatorias destinadas a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, por parte de los países.

### 3. EL TEMA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Y, por cierto, un tema que está en la polémica pero que tiene que ver directamente con las medidas para la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>, es la núcleo-electricidad, o la generación de energía eléctrica utilizando centrales nucleares. Por cierto, no cabe duda que una decisión como esta debe ser parte de una política de Estado.

Por ejemplo, si vemos el caso de Finlandia, que construye la central nuclear de Olkiluoto, veremos que los estudios comenzaron en 1998 y se terminaron en el 2006. Es decir, si Finlandia —que es un país que nos gusta mirar en Chile, ya que consideramos que son bastante planificados y ordenados en sus políticas públicas—, se demoraron casi 10 años en los estudios, lo más probable, según las estimaciones, es que si Chile quiere construir una planta de núcleo electricidad se va a demorar 15 años. Por lo tanto, la postergación en el proceso de toma de decisiones, en iniciar los estudios de factibilidad, etc., proyecta mayores demoras en el tiempo y mientras más tiempo pase, más costoso y complejo será decidir al respecto.

Otro aspecto que se debe tener presente al momento de analizar el tema, es cómo ha mejorado la disponibilidad de plantas nucleares desde el punto de vista de la seguridad de suministros para las mismas. Hay reactores que ya se están trabajando, y que son más pequeños que los usuales de 1000 MWe y más. Vale decir, hay reactores más pequeños hoy día, que están en los 300 MWe y se espera que entren en operación en la próxima década, algunos con costos entre US\$ 1000 y 1200 por KWe. Esto significa que, llevado a KW/dólar, los costos de una central nuclear empiezan a ser bastante razonables, y las plantas generadoras pueden llegar a ser construidas en un lapsus de 3 meses. Por lo tanto, serán plantas bastante competitivas para el mercado actual.

Otro punto importante a tener en consideración, respecto de la discusión de una política de Estado en torno a este tipo de fuente energética, es la sensibilidad medioambiental, la evaluación histórica cultural y los planteamientos políticos del país. Estos aspectos son totalmente diferentes entre un país y otro (de aquí la importancia de

este Seminario que se hace en Chile y en esta Universidad). En este tipo de cosas las soluciones no se pueden pedir prestadas, ni se pueden copiar.

Igualmente, se debe mencionar la discusión respecto del tipo de combustible que utiliza una planta nuclear, el uranio. Por ejemplo, se señala que el suministro de uranio está más asegurado que el de los combustibles fósiles, particularmente el petróleo. Hay reservas importantes de uranio en el mundo y Chile también tiene uranio. Por otra parte, sus costos están relativamente estables (Canadá y Australia son unos de los más importantes suministradores al mercado). Con relación a su almacenamiento, existen bastantes adelantos tecnológicos, que lo hacen bastante barato; además, al tratarse de volúmenes muy compactos de uranio, se permite un buen grado de independencia en su manejo. Con respecto a los costos, que es un tema que les interesa mucho a los economistas, los costos del combustible nuclear son inferiores a los costos de los combustibles fósiles. Por lo tanto, la ecuación disponibilidad de combustible y la estabilidad de precio de estas centrales es crecientemente atractiva.

Otro aspecto fundamental en esta discusión se refiere al tema de los costos externos en la producción de energía y que normalmente no están incorporados cuando se habla de las fuentes energéticas tradicionales. Sin embargo, la energía nuclear sí tiene estos costos incorporados, como, por ejemplo, el desmantelamiento de las centrales (que no es simple), el tratamiento de los residuos y también algunas emisiones.

Las fuentes energéticas convencionales no incorporan a sus costos el efecto de sus emisiones de GEI, que producen el calentamiento del planeta. No obstante, cuando se analizan los costos de producción de energía incluyendo estas externalidades, resulta que la energía nuclear es altamente competitiva y ventajosa frente el petróleo, el carbón, la energía hidráulica e incluso eólica, como se puede ver en el siguiente cuadro, elaborado por la Unión Europea.

En el proyecto ExternE, realizado por la Comisión Europea, se examinan las externalidades de las cadenas energéticas completas. Los siguientes son los resultados arrojados por el estudio, y que se presentaron como el coste total de la producción eléctrica en céntimos de euro por kilovatio-hora.

#### COSTE DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA INCLUYENDO EXTERNALIDADES

Carbón	7
Petróleo	6
Gas	3,9
Eólica	6,2
Hidráulica	4,7
Nuclear	3,5

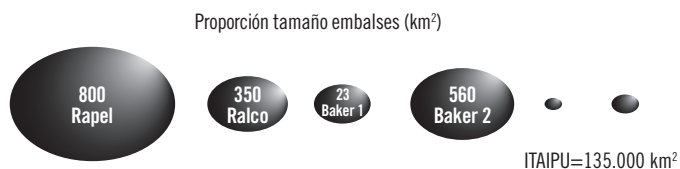
Fuente: Docto. Foro Nuclear 2004.

Otro aspecto en este mismo sentido, es el uso del suelo por parte de las diferentes fuentes de energía. Resulta que la energía nuclear utiliza de 1 a 4 km<sup>2</sup> de superficie para instalar sus plantas generadoras; la energía solar requiere entre 20 y 50 km<sup>2</sup>; la energía

#### USO DEL SUELO

Uso comparativo del suelo con diferentes fuentes energéticas para una central eléctrica de 1.000 MW de potencia.

Nuclear	1-4 km <sup>2</sup>
Solar	20-50 km <sup>2</sup>
Eólica	50-150 km <sup>2</sup>
Biomasa	4.000-6.000 km <sup>2</sup>



Fuente: Docto. Foro Nuclear 2004.

eólica de 50 a 150 km<sup>2</sup>; y la biomasa entre 4.000 a 6.000 km<sup>2</sup>. Véase, por ejemplo, una relación de superficie utilizada por distintas centrales hidroeléctricas en Chile, con relación a la superficie que ocuparían las centrales Baker 1 y 2 en los proyectos hidroeléctricos que se proponen en el sur austral del país.

Sin duda que el proyecto hidroeléctrico en la región de Aysén, como otros que se han realizado en el país, ocupará una cantidad de m<sup>2</sup> importante ya que el embalse de las aguas tiene esa característica, se explota ampliamente en Chile porque existen condiciones geográficas favorables para ello y, por otra parte, no hay muchas alternativas energéticas. Por ejemplo, si hoy día decidiéramos avanzar en una planta de energía nuclear, lo más probable es que no estaría operativa antes de 15 años. Sin embargo, necesitamos energía para los próximos meses y años, para sostener nuestro crecimiento económico.

Otro aspecto importante respecto a la núcleo-electricidad, son los retornos tecnológicos. Hoy día se necesita capital intelectual que debe formarse en Chile en una tecnología de punta, donde hay permanentes avances en I+D, materiales especiales, nuevos métodos, nuevos equipos, nuevas técnicas. Todos estos avances y conocimientos son posibles de ser aplicados a otras áreas de la industria y la producción. Los profesionales y técnicos con esta formación de alto nivel son muy valorados por otros sectores industriales.

#### A MODO DE CONCLUSIÓN

Finalmente podemos concluir, refiriéndonos a la situación hoy día en torno a los costos de generación de energía, que es un tema clave y fundamental para todos los países del orbe. Al respecto, los costos se han hecho más complejos. A la tradicional búsqueda de energía relativamente económica se ha sumando la imperiosa necesidad de que sea «limpia», vale decir, que no emita CO<sub>2</sub>, dado que el tema del calentamiento global es algo real y urgente. En este sentido, la discusión cada vez se orienta más a la necesidad de que debemos ir

dejando las tradicionales fuentes fósiles y avanzar en fuentes menos contaminantes. Proceso complejo y difícil, pero en el marco del Cambio Climático, unido a las demandas de crecimiento y bienestar económico para todos los ciudadanos, es un proceso ineludible y prioritario.

Es por estos motivos que ha resurgido, en el debate público mundial, la alternativa nuclear para generar electricidad. Sus costos de inversión están bajando y son altamente competitivos, sobre todo cuando se analiza el tema de los costos que implica emitir CO<sub>2</sub> en el contexto del Cambio Climático.

Nuevamente podemos recurrir al ejemplo de Finlandia, donde un estudio arrojó como resultado que el costo de capital de la energía nuclear es una opción más barata comparada con carbón y el gas, entre otras, como se aprecia en la siguiente figura:

	NUCLEAR	CARBÓN	GAS	TURBA	MADERA	EÓLICA
Inversión	13,8	7,6	5,3	10,2	13,0	40,1
O & M	7,2	7,4	3,5	6,5	8,2	10,0
Combustible	2,7	13,1	23,4	17,9	23,1	0
SUBTOTAL	23,7	28,1	32,2	34,7	44,3	50,1
Tratamiento de emisiones	0	16,2	7,0	19,6	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>23,7</b>	<b>44,3</b>	<b>39,2</b>	<b>54,3</b>	<b>44,3</b>	<b>50,1</b>

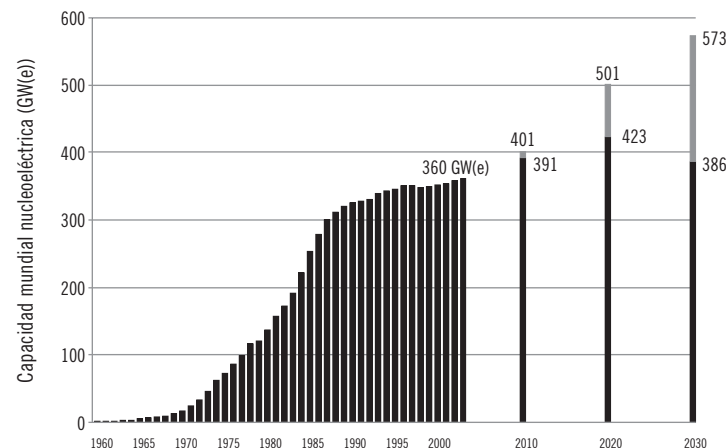
Datos en euros/MWh. Tipo de interés del 5%.

**Figura 14: El caso de Finlandia. Comparación de costos totales de alternativas (para producir la misma cantidad de electricidad requerida).**

Fuente: Exposición Manilio Coviello, Oficial de Asuntos Económicos, División Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL.

Además, las proyecciones a mediano plazo señalan que el uso de la energía nuclear va a aumentar a nivel mundial, como se señala en la figura 15.

Por último, quiero señalar que, en mi opinión, las tendencias dominantes en el tema energía-medio ambiente, serán: mejorar las medidas sobre eficiencia y ahorro energético, un uso creciente de las



**Figura 15: Proyecciones nucleares a mediano plazo.**

Fuente: IAEA.

energías renovables convencionales y no convencionales y una presión por disminuir el porcentaje de uso de combustibles fósiles en la generación energética.

Sin embargo, estas medidas, por sí solas, no bastan para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de manera considerable y oportuna, junto con satisfacer la demanda creciente de energía por parte de la sociedad. Por lo tanto, la alternativa nuclear, frente a la necesidad de combatir el calentamiento global es muy real y creo que aumentará su utilización a nivel global. Por ejemplo, solo en España, los reactores nucleares evitan la emisión de 50 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalente a las emisiones de la mitad de su parque automovilístico. Además, la energía nuclear no emite gases o partículas causantes de la lluvia ácida, la contaminación atmosférica urbana o el agotamiento de la capa de ozono. O sea, presenta muchas ventajas en materia ambiental.

Indudablemente seguirá la búsqueda de otras fuentes energéticas, tales como la alternativa del hidrógeno y otras. De hecho, esta universidad ha realizado importantes estudios sobre generación de hidrógeno a gran escala en Magallanes, a partir de energía eólica

para su consumo en la zona central de Chile (2008). La idea era llevarlo a Puerto Montt, y de ahí fabricar celdas de combustibles, porque no tenía sentido hacer celdas en Magallanes. Estudios como estos continuarán, pero mientras las nuevas energías, cada vez más «limpias» e «inocuas» que se investigan, no estén plenamente operativas y a costos razonables, la energía nuclear puede llegar a ser una fuente en extremo importante en la lucha por mitigar el efecto invernadero y proteger el Medio Ambiente.

## 2.

### ENERGÍAS RENOVABLES. UN DESAFÍO PARA CHILE

MARCELO TOKMAN RAMOS

#### 1. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, el 2008 enfrentamos el año energético más complejo de la última década. A las dificultades sostenidas en el abastecimiento de gas desde Argentina se sumó la posibilidad cierta de que tuviésemos que hacer frente a un racionamiento eléctrico, algo que no ocurría desde 1998.

Estábamos en la antesala de una situación de gran complejidad: con inversiones estancadas, con recortes crecientes de los envíos de gas argentino, fallas graves de centrales eléctricas, con los efectos manifiestos de una sequía, con deshielos menores a los previstos, y la salida forzada de algunas centrales del sistema eléctrico. Todo esto sucedió, además, en un período en que los precios internacionales

de los combustibles subieron a un nivel récord, lo que para un país como el nuestro, que tiene una alta dependencia de los combustibles fósiles (45,2% del petróleo y sus derivados, casi un 20% de gas natural y el carbón otro 11,96%), complicó aún más la situación. Se dio lo que denominamos «la tormenta perfecta».

Esto nos obligó a tomar una serie de medidas, cuyo principal objetivo era evitar los cortes de luz y así no repetir el episodio que vivimos hace 10 años atrás.

Fuimos capaces de hacer frente, responsable y proactivamente, a esta situación, tomando todas las medidas que fueron necesarias para sortear esas dificultades con éxito: sin cortes y reduciendo los impactos sobre los precios. Cuando uno observa la situación reciente en otros países de la región donde no fueron capaces de evitar los cortes de suministro, se valora de mejor manera el esfuerzo realizado por todos los actores del sector frente a esta crisis.

Pero más allá de este notable resultado, aprendimos dos grandes lecciones: no podemos actuar solo como bomberos apagando incendios, sino que debemos poner nuestra mirada y nuestra capacidad en abordar los desafíos de largo plazo y debemos diversificar con urgencia nuestra matriz.

Y en eso hemos estado trabajando. Hemos perfeccionado el marco regulatorio del sector en lo que ha sido necesario y hemos impulsado las líneas de acción que el país requiere. Por eso dimos un paso decidido para fortalecer nuestra institucionalidad sectorial y estamos promoviendo activamente a la eficiencia energética, removiendo barreras para la promoción de nuevas inversiones y apoyando el desarrollo de las energías renovables no convencionales.

## 2. ANTECEDENTES DE LA CRISIS

### a. Sequía

El año hidrológico 2007-2008 fue complicado en términos de la generación de energía con hidroelectricidad. Lo anterior queda de manifiesto en la figura 1, donde se muestra que este período ha sido

uno de los más secos en los últimos años. En este contexto, *El Mercurio* declaraba que esta era la sequía más dura en 100 años.<sup>1</sup>

A partir de mayo de 2007, todos los valores mensuales registrados fueron inferiores a sus valores promedio, terminando el 2007 con un déficit acumulado generalizado, que fue más acentuado desde Copiapó al Choapa, con desde 90% a un 45% menos de agua caída, respectivamente. Desde la cuenca del Aconcagua al Itata los déficits de lluvia se situaron entre un 55% y un 35%. Del Bío-Bío al sur el déficit variaba entre un 10% y un 30%. La falta de precipitaciones durante el 2007 tuvo un impacto directo en el caudal de los ríos, que se caracterizaron por presentar caudales medios mensuales por debajo de sus correspondientes promedios estadísticos con un repunte en el mes de julio, que fue el de mayores precipitaciones. Al 10 de marzo del 2008, la energía embalsada era equivalente a 2.353,9 GWh, un 42,6% por debajo de lo que es un año normal, y un 46% por debajo del año 2006.

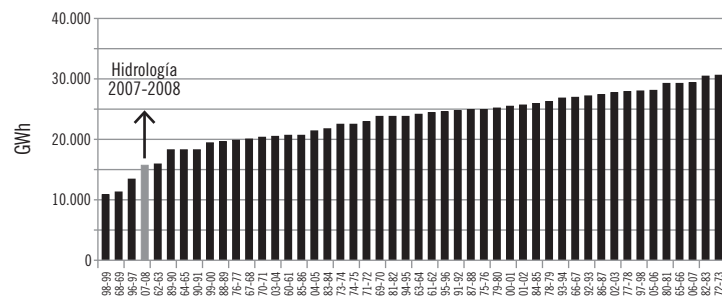


Figura N° 1: Histograma Energía Afluente SIC.  
Fuente: Comisión Nacional de Energía.

### b. Cortes de suministro de gas desde Argentina

Durante el año 2004, Chile experimentó, por primera vez en su historia, restricciones a las importaciones de gas natural argentino, luego que la autoridad de ese país limitara las exportaciones de gas

<sup>1</sup> *El Mercurio*. 10/03/2008. Sección Economía y Negocios.

natural por volúmenes superiores a los del año 2003. La situación más crítica se presentó en los meses de mayo y junio, con restricciones que llegaron a representar aproximadamente el 50% del total de gas natural importado por Chile.

Con el paso del tiempo, las restricciones se hicieron constantes e incrementales. El año 2006 fueron sobre el 50% y en algunos meses alcanzaron el 80% en la Región Metropolitana. La situación se agrava el año 2007 cuando los cortes llegan casi al 100%. En enero del 2008 se recibieron en promedio 1,2 millones de metros cúbicos día, mientras en igual mes del año 2007, los envíos habían alcanzado en promedio a 15,6 millones de metros cúbicos día.

Las implicancias de esta situación alcanzan tanto a los clientes residenciales y comerciales como a los generadores de electricidad. Sin embargo, debido a las precauciones tomadas, tanto por las empresas como por el Gobierno de Chile, la situación para los clientes residenciales y comerciales de la zona centro sur fue normal, ya que no se afectó el suministro.

La situación fue más compleja para la generación de electricidad, ya que la falta de gas natural debió ser suplida con otro combustible, ya sea diesel o carbón, con los consiguientes efectos sobre la calidad del aire y los costos marginales de producción.

### c. Shocks de precios

La volatilidad de los precios de los combustibles se ve reflejada en el gráfico que se presenta a continuación.

Como se puede observar claramente, a partir del año 2004 los precios de los combustibles comenzaron una escalada que alcanza su nivel máximo el año 2008. Si bien durante el año 2006 hay una tendencia a la baja del petróleo y el carbón, el alza se hace más acentuada a partir del 2007. Por ejemplo:

- El precio del gas natural argentino aumentó (por derechos de exportación) de US\$ 2,5 MMBTU a US\$ 20 MMBTU.
- El precio del crudo (índices WTI), subió entre enero 2006 y hasta junio 2008 (mes peak), desde US\$ 65,4 hasta US\$ 135, es decir un 200%.



Gráfico 1: Evolución Índice de Precios CIF. Base 100 Enero.

Fuente: Comisión Nacional de Energía.

¿Qué efectos tienen estas alzas? A nivel de usuarios, el alza viene en las tarifas. En particular en el sector eléctrico; esto incide en los costos marginales de generación, que luego son traspasados a los usuarios. El costo marginal promedio durante el 2006 fue de US\$ 42 MWh, mientras que en marzo de 2008 dicho promedio ascendió a US\$ 325 MWh.

### d. Fallas de Centrales Térmicas

La potencia instalada de generación térmica eléctrica en el Sistema Interconectado Central a fines de 2007 era de 4.191 MW, y aumentó a 4.596 MW durante el 2008. Sin embargo, a comienzos del 2008, una serie de elementos se configuraron para poner en riesgo la generación de electricidad. Un ejemplo de lo anterior fue la falla de la Central Nehuenco.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Además de Nehuenco están las siguientes centrales: Unidad U-16 y la de Ciclo Combinado GasAtacama 2.

La salida de la Central Nehuenco 1 por falla restó al sistema 368 MW, dejando vulnerable el Sistema Interconectado Central (SIC). Por otro lado, el reemplazo del gas natural (debido a las restricciones ya señaladas) por diesel en las plantas de ciclo combinado, aumentaba la probabilidad de fallas de estas y, por la misma razón, se hizo necesario un mayor mantenimiento preventivo.

La Central Nehuenco 1 volvió a operar recién en septiembre de 2008. En tanto, en el período crítico, enero-abril 2008, una serie de centrales salieron en algún minuto del sistema, ya sea debido a mantenimientos preventivos o fallas, quedando el sistema con una potencia cercana a los 3.600 MW térmicos, un 15% menos de lo normal.

### 3. MEDIDAS PARA ENFRENTAR LA CRISIS

Considerando la complejidad del año 2007 y 2008 en materia energética por la serie de factores antes mencionados, el Gobierno tomó una serie de medidas para minimizar su impacto. Asimismo, las empresas del sector también implementaron medidas tendientes a superar la situación de estrechez eléctrica.

A continuación, se presenta una breve descripción de algunas de las medidas adoptadas.

- La aplicación de un decreto de racionamiento preventivo que nos entregó mayores herramientas para prevenir los cortes, como la posibilidad de reducir la tensión y de mantener nuestras reservas hídricas por mayor tiempo.
- La incorporación de abril dentro de la medición de las horas punta: medida tendiente a reducir la demanda máxima del mes y asegurar una provisión segura a toda la población.
- El mecanismo que permitió a las generadoras incentivar el ahorro de sus clientes: las empresas generadoras y distribuidoras del SIC quedaron autorizadas para promover y pactar con sus clientes disminuciones en el consumo de electricidad, lo que se traducía en el pago por energía ahorrada.

- La dictación de la Ley N° 20.220 introduce modificaciones a la normativa que regula el sector eléctrico, cautelando la eficiencia, la suficiencia, la coordinación de los agentes que intervienen en el mismo y la seguridad del abastecimiento para la población, administrando, exclusivamente, las situaciones de contingencia en la forma que cause un menor impacto para la preservación de los principios aludidos. La ley entrega herramientas para reforzar los instrumentos que permiten administrar eficientemente las situaciones de contingencia, produciendo el menor trastorno posible a la población y acotando al máximo la posibilidad de que se produzcan racionamientos, preservando los principios fundamentales que rigen el funcionamiento del sector eléctrico.
- La ejecución anticipada de una intensiva campaña de ahorro para sumar a las familias y a los privados a esta cruzada,<sup>3</sup> lo que adoptaron medidas de distinta índole para reducir sus consumos.
- La reducción de voltaje a través de un decreto de racionamiento con carácter preventivo: medida operacional implementada por las compañías distribuidoras, las cuales fueron instruidas a reducir en hasta un 10% la tensión nominal del suministro eléctrico. Esta medida contemplaba su vigencia hasta el mes de agosto de 2008.
- La prórroga de horario de verano: se extendió por dos semanas el horario de verano hasta el último sábado de marzo, uno de los meses más intensivo en consumo de energía.
- La flexibilización de convenios de uso de agua: para las generadoras hidroeléctricas, se implementó la flexibilización del uso de las reservas hídricas acumuladas en los principales embalses (la Laguna del Maule y el Lago Laja), lo que permitió aumentar la capacidad de generación hídrica en los meses más críticos.

<sup>3</sup> «No Botes la Energía, Cuida lo que es de todos, Ahorra, Ahora», fue el lema de la campaña de ahorro de electricidad lanzada por el Gobierno de Chile junto a Empresas Eléctricas AG, lo que constituyó un esfuerzo público-privado, con el objetivo de crear conciencia en la población de la necesidad de ahorrar energía durante los meses que se pronosticaban muy estrechos en materia energética.

En esta ocasión, para hacer un uso racional y más conservador del agua embalsada, se estableció como requisito que todo el parque térmico estuviera despachado para hacer efectiva la flexibilización.

- El compromiso del Gobierno de disminuir en un 5% el consumo de energía: el sector público, desde comienzos de febrero, inició una campaña de ahorro de energía que como primera medida adoptó el apagado de las luces que iluminaban las fachadas de los edificios públicos. Junto con esa medida, se envió a todas las reparticiones públicas un instructivo de ahorro para ser implementando en cada una de ellas.
- La respuesta oportuna de las empresas generadoras para instalar los sistemas de respaldo que se requirieron para afrontar el período de mayor estrechez.
- Adicionalmente, para la operación con diesel se identificó el problema que no se iba a generar IVA suficiente para obtener la devolución del impuesto al diesel, que está diseñado para ser cobrado en el sector transporte. Se diseñó un sistema para la devolución inmediata del impuesto al diesel del sector de generación.
- Para paliar el alza en los costos de suministro y que dicho aumento fuera traspasado a los clientes, se entregaron bonos, subsidios a familias más vulnerables y se inyectaron millones de dólares al fondo de estabilización de combustible.

#### 4. LECCIONES PARA EL MEDIANO Y LARGO PLAZO

La crisis energética que hemos superado con éxito, dejó importantes lecciones para el futuro. Una de ellas es que, frente a la falta de energía no podemos improvisar y, en Chile, como en el resto del mundo, hemos tomado consciencia de que, para contar con energía segura, sustentable, eficiente y equitativa, se requiere de una activa participación del Estado que propicie una mirada prospectiva, la

cual permita generar una política energética sólida y clara respecto de las necesidades del país.

##### a. Importancia de contar con una institucionalidad adecuada

La evaluación existente respecto de la actual institucionalidad energética es que su configuración dificulta una mirada integral y políticas integrales para el desarrollo energético sustentable y seguro. Así, además, lo han confirmado las evaluaciones de organismos internacionales como la Agencia Internacional de Energía (AIE) y APEC. La AIE ha señalado que «el modelo de organización actual del sector revela espacios de mejora que incluyen la dificultad para obtener una visión integral del sector, dada la multiplicidad de organismos, la inconsistencia entre responsabilidades y atribuciones, un acercamiento legalista de la regulación del sector en detrimento de políticas de largo plazo, la debilidad institucional de CNE en relación con otros actores». En esa dirección, ha indicado que «el Gobierno de Chile debe asegurar que la nueva organización del sector energético actualmente en debate, en particular la creación del Ministerio de Energía, se complete tan pronto como sea posible».

Esta visión fue compartida por el Congreso Nacional que, tras un año y medio de tramitación, aprobó con un amplio respaldo transversal el proyecto de ley que había presentado el Ejecutivo creando el Ministerio de Energía, destacándose la necesidad expresada por los parlamentarios de contar con una institucionalidad acorde para los nuevos desafíos que el país enfrenta en materia energética.

##### a.1 Principios que inspiran la nueva institucionalidad para conseguir energía segura, sustentable y equitativa:

- Facilitar la mirada integral del tema energético, unificando las decisiones de política pública del sector.
- Establecer una institucionalidad con alcance amplio, abarcando en sus acciones todo el mercado de la energía y no solo el eléctrico.

- Mejorar la capacidad de rectoría y coordinación del Estado, para anticipar problemas y generar soluciones en el área energética.
- Fortalecer la capacidad regulatoria, garantizando estabilidad, independencia, transparencia y especialización del sector.
- Mejorar los esfuerzos de coordinación interinstitucional y compatibilización de la política medioambiental con la política energética.

#### a.2 Principales avances que establece la ley que crea el Ministerio

- Crea el Ministerio de Energía, entregándole por función el diseño y la coordinación de planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector. Se separan funciones de política pública y rectoría (Ministerio) de las referidas al ámbito regulatorio (CNE), siguiendo las buenas prácticas internacionales en este sentido.
- Se incorpora como parte de las actividades propias del sector energía, mención explícita a las relacionadas al consumo y uso eficiente, contemplando de esa forma todo lo relacionado a medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Se reordena el sector público de energía y agrupan las funciones propias al ámbito energético, resolviendo la dispersión actual, traspasando funciones desde los Ministerios de Minería y Energía, y modificando además la dependencia de la CNE, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles y la Comisión Chilena de Energía Nuclear, las que pasan a relacionarse con la Presidencia por medio del Ministerio de Energía.
- Se establece que el Ministerio debe contemplar, como áreas funcionales propias de su labor, las referidas a la promoción de las energías renovables no convencionales y la eficiencia energética, el desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente, las políticas de energización social y rural, entre otras.
- Se incorporó la facultad para fijar estándares mínimos de eficiencia energética, prohibir comercialización de productos ineficientes y determinar productos que deben contar con un certificado de eficiencia energética.

- Se incorporó el concepto de eficiencia energética dentro de las cualidades que los organismos de certificación autorizados por la SEC deben comprobar en los casos que determine la ley.
- Se otorgan facultades para crear la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, organismo dedicado al estudio, evaluación, promoción, información y desarrollo de todo tipo de iniciativas relacionadas con la diversificación, ahorro y uso eficiente de la energía.
- Se estableció la facultad del Ministerio para solicitar información, en el ámbito propio de sus funciones, a organismos públicos, entidades y empresas del sector energía y a los usuarios no sujetos a regulación de precios (grandes consumidores de energía).
- Se instauran Secretarías Regionales Ministeriales, las que deberán considerar en su establecimiento las condiciones y potencialidades de desarrollo energético de las regiones.

A esta modificación legal, además, se le sumaron otras que significaron el fortalecimiento de la capacidad analítica, de formulación e implementación de política energética. Entre ellas cabe destacar el aumento de dotación y presupuesto de la Comisión Nacional de Energía, que vio aumentado su presupuesto en 14 veces entre el 2006 y el 2010, la creación del Departamento de Estudios que ha manejado un presupuesto de estudios por más de \$9.600 millones en los últimos años, y la creación del Centro de Energía Renovables.

#### b. Hacer uso más eficiente de la energía

Chile no está ajeno al concierto internacional en donde las preocupaciones por la creciente demanda de energía son pan de cada día. El país ha mostrado un aumento creciente en el consumo de energía en los últimos años, particularmente en el sector eléctrico. Las estimaciones sugieren que, de mantener la tendencia actual, para el año 2020 serían necesarios 14.500 MW eléctricos adicionales.

Sin embargo, y como se muestra en el gráfico N° 2, ha habido una mejora en la intensidad de uso, a partir del año 2000. A su vez,

la figura N° 2 nos permite concluir al menos dos situaciones: (i) el consumo en Chile todavía es bajo cuando se compara al de los países más ricos por lo que, a medida que el país siga creciendo se requerirá más energía; y (ii), la aplicación de políticas energéticas hace una diferencia: la velocidad de crecimiento de la demanda, depende de las políticas que se aplican. Por lo tanto, podemos decir que todavía existe un potencial para mejorar la eficiencia en Chile. Un estudio reciente realizado por el PRIEN (Programa de Investigación y Estudios en Energía) estimó que el potencial de ahorro de energía es de un 20% hacia 2021.

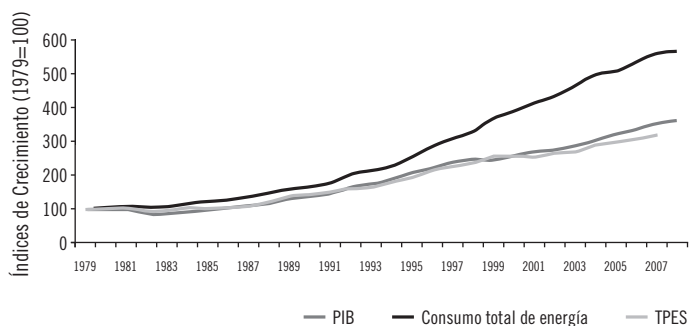


Gráfico N° 2: Crecimiento del PIB y crecimiento del Consumo de Energía.

Fuente: CNE.

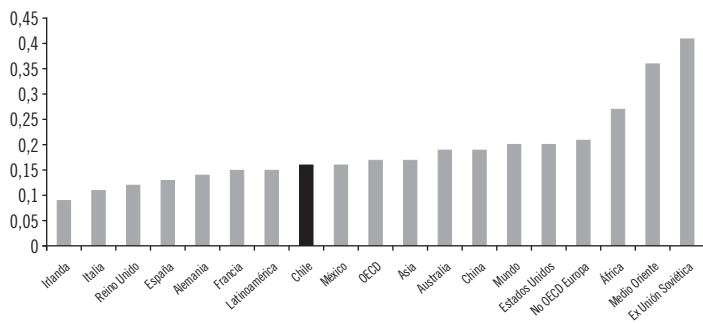


Figura N° 2: Energía utilizada/PGB PPP (kg equivalentes de petróleo/US\$).

Fuente: AIE 2009.

Hemos reconocido la importancia de hacer un uso eficiente de la energía y la hemos transformado en un elemento fundamental de nuestra política. Es por eso que el año 2005 se creó el Programa País de Eficiencia Energética. La relevancia de esta temática se ha puesto de manifiesto toda vez que el presupuesto de dicho programa ha crecido desde los \$500 millones a casi \$20 mil millones durante este Gobierno para financiar diversas iniciativas. Entre ellas se encuentran el despliegue de importantes campañas para el uso eficiente —como «Gracias por tu Energía»—, el reparto de 1,5 millones de ampolletas eficientes, el apoyo a la construcción de viviendas con mejor aislamiento térmico, la entrega de subsidios y créditos preferenciales para que las empresas realicen diagnósticos e inversiones en eficiencia energética, el subsidio a las compras de motores eficientes en nuestras PYMES y el recambio de camiones más antiguos e ineficientes por nuevos, entre otras. Estos recursos y programas se complementan con aquellos administrados por CORFO, como el subsidio a las auditorías energéticas, las líneas de crédito preferenciales y el fondo de garantía.

En conjunto con lo anterior, este año tomamos la decisión de crear la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, una corporación público-privada que jugará un rol fundamental en la nueva institucionalidad energética del país.

Estas iniciativas y algunas correcciones a las fallas de mercado como las restricciones a la liquidez y las asimetrías de información han mostrado sus frutos.

El gráfico N° 2 muestra que la economía chilena creció entre el 1979-2007 a una tasa media anual de 4,6%. Por su parte, el consumo primario de energía de Chile creció entre el 1979- 2007 a una tasa media anual de 4,2%. Es decir, tanto el consumo como la economía crecieron a tasas similares. Lo interesante es analizar el sub período 2000-2007 en donde uno puede ver que dicha tendencia se ha revertido y hemos logrado el desacople. Durante los años 2000- 2007, la economía creció a una tasa media anual de 4,48% mientras que el consumo primario de energía lo hizo a una tasa media anual del 3,1%. En el sector eléctrico, en particular, se han logrado resultados excepcionales. En 2008, por primera vez en la historia de Chile, hubo crecimiento económico y caída en el

consumo eléctrico en el Sistema Interconectado Central (SIC). Y en 2009 también se está dando una caída en el consumo eléctrico, pero en este fenómeno también contribuyó la caída de la actividad económica.

### c. Aumentar la oferta y diversificar la matriz

Si bien un uso eficiente de la energía nos permitirá reducir la tasa a la que crecen nuestros requerimientos, la experiencia internacional muestra con claridad que el crecimiento que tendrá nuestra economía en el futuro próximo requerirá aumentos significativos en la disponibilidad de energía. Un estudio encargado a la Universidad de Chile estima que la demanda energética del país se multiplicará por tres en los próximos 21 años. Por ello, es fundamental que se mantenga un marco regulatorio y de incentivos que fomente la inversión en el sector.

De acuerdo al catastro de la Corporación de Bienes de Capital, en el período 2009-2013 se estiman inversiones por cerca de \$28 mil millones de dólares para todo el sector, lo que representa un 47% de la inversión total del período 2009-2013. Solo en los proyectos eléctricos en particular, en los últimos tres años (2006-2009), se han aprobado proyectos por casi 13.072 MW y hay otros 9.880 MW en evaluación, lo que refleja que tenemos un volumen de proyectos suficientes para hacernos cargo de nuestros requerimientos eléctricos de la próxima década.

El aumento de nuestra capacidad instalada va de la mano con una diversificación de nuestra matriz. Es así que, para el año 2020, esperamos que el 10% de nuestra matriz energética esté explicada por energías renovables no convencionales. Además estamos trabajando para explotar nuestros combustibles fósiles (exploraciones ENAP, CEOPS y licitación Isla Riesco), para tener acceso a más de un proveedor (GNL Quintero y GNL Mejillones), para aumentar nuestra capacidad de almacenamiento y logística y lograr tener un mayor número de actores. Sobre este último punto podemos decir que, a marzo de 2010, se habrá más que duplicado la cantidad de actores que operan en el SIC.

Me gustaría detenerme en una de las formas en las cuales podemos diversificar nuestra matriz. Esta se refiere a la importancia de las energías renovables. En la actualidad, tanto en el consumo primario como en la generación eléctrica, somos un país que tiene una fuerte presencia de energías renovables. Mientras en Chile las energías renovables constituyen un 24% del consumo primario y un 39% de la generación eléctrica, en el resto del mundo dicha cifra asciende a un 13% y a un 19% respectivamente. En el caso de los países de la OECD, la presencia de las energías renovables es más baja que nuestro país (consumo primario un 7% y en generación eléctrica un 15%).

Sin embargo, cuando uno analiza la presencia que tienen las energías renovables en la generación eléctrica (con renovables sin hidráulica) uno encuentra que en Chile estas tienen una baja participación (1.4%) en comparación con el resto del mundo (2.3%) y de los países de la OECD (3%).

Entonces uno podría preguntarse primero si es que, como país, tenemos algún potencial en términos de Energía Renovable No Convencional (ERNC) y, de ser así, si es que estamos haciendo algo para aprovechar dicho potencial.

Además de contar con un gran potencial para generar electricidad en centrales hidroeléctricas convencionales, Chile dispone de importantes potenciales para la generación de electricidad en base a fuentes de ERNC. Dicho potencial no está bien dimensionado, entre otras razones por la escasa e inorgánica investigación sobre la materia en las décadas pasadas.

Desde una aproximación teórica, todas las ERNC en Chile tienen potenciales de miles a decenas de miles de MW. Sin embargo, restricciones asociadas a la maduración de las tecnologías (como por ejemplo las que aprovechan los mares), de infraestructura (por ejemplo potencial eólico en la cordillera) o el grado de competitividad de otras (como la solar) limitan la viabilidad técnica o económica de algunas fuentes, y de muchos proyectos.

En los últimos años se han realizado diversos estudios que permiten aproximarse al potencial técnico de las ERNC. Dada la incertidumbre existente, se recomienda considerar rangos. Pese a ello, queda de manifiesto el gran potencial que tiene el país.

Órdenes de magnitud de la capacidad técnica instalable de ERNC:

- Pequeña hidráulica: cientos a miles de MW.
- Biomasa: cientos de MW.
- Biogás: cientos de MW.
- Eólica: miles de MW.
- Geotermia: miles de MW.
- Solar: miles de MW.

El potencial económico considera la competitividad de las ERNC respecto de otras fuentes de suministro. Este varía en el tiempo en función del grado de madurez tecnológica, de la disponibilidad de infraestructura, de las políticas de fomento que puedan existir y, principalmente, de la evolución de los precios de la energía. Bajo ese análisis, en la actualidad y en el corto plazo, las ERNC con mejores perspectivas de desarrollo en Chile son la energía geotérmica, buenos proyectos eólicos, algunas aplicaciones de la biomasa/biogás y pequeñas centrales hidroeléctricas. La siguiente tabla resume una estimación preliminar del potencial económico de las ERNC en Chile, así como una estimación de la capacidad instalable asociada a proyectos en evaluación. No se consideraron ERNC que no son competitivas a los precios actuales de la energía (solar) o que están en etapas iniciales de maduración tecnológica (de los mares).

TIPO	ESTIMADOS	EN EVALUACIÓN
Geotermia	1980	685
Eólica	5924	1373
Biomasa/biogás	1050	250
Pequeña hidráulica	2600	584
<b>Total</b>	<b>11554</b>	<b>2892</b>

Potencial ERNC (técnico y conservador) estimado y con proyectos en evaluación.

Fuente: CNE.

Se aprecia que el potencial ERNC con viabilidad técnica —y probablemente económica— es superior a 10.000 MW, más aún

cuando dicho cálculo se hizo a partir de información parcial del potencial en Chile y con criterios conservadores.

Despejado el tema del potencial, intentemos responder la segunda pregunta. ¿Qué estamos haciendo como país?

En términos de energías renovables convencionales, los esfuerzos han estado centrados en regulación y fiscalización para poder asegurar la sustentabilidad ambiental y en poder asegurar un aprovechamiento eficiente.

Con relación a las energías renovables no convencionales con tecnologías competitivas, hemos trabajado intensamente para poder eliminar las barreras que actualmente dificultan el desarrollo de estas. La siguiente tabla resume los avances que hemos hecho en esta materia:

BARRERA	LÍNEAS DE ACCIÓN
Marco regulatorio no las considera	Perfeccionamiento Marco Regulatorio. Ley 19.940: Mejora viabilidad pequeños proyectos ERNC. - Acceso a mercado de generación, redes de distribución y tratamiento comercial simplificado para generadores < 9MW. - Exención pago de peaje troncal para ERNC. - Ley 20.257: Crea condiciones para materializar proyectos ERNC y generar confianza en el mercado eléctrico. - Modificación Ley de Concesiones Geotérmicas.
Baja disponibilidad de información  Incertidumbre en tramitación de permisos para tecnologías nuevas	Generación información para inversionistas: - Evaluación de recursos de biomasa forestal y agrícola. - Generación de información de recurso eólico, solar y geotérmico. - Catastro de proyectos hidráulicos asociados a obras de riego. - Modelos de evaluación técnico-económica de proyectos. - Guías de evaluación ambiental y de proyectos MDL.
Infraestructura precaria	- Fomento a proyectos con líneas de transmisión compartidas. - Estudios prospectivos para determinar requerimientos de adaptación de las redes de transmisión.
Incertidumbre ante nuevas tecnologías  Dificultad de acceso al crédito	- Perfeccionamiento del Marco Regulatorio. - Ley 20.257 facilita contratación de largo plazo a las ERNC. - Fomento a la inversión. - Subsidios a estudios de preinversión y a ingeniería de detalle. - Líneas de financiamiento preferente. - Promoción nacional e internacional. - Fondo de garantía (2009). - Capital de riesgo (2009).

Pocos prestadores locales de servicios	· Estudio de diagnóstico que permita identificar las eventuales barreras económicas y no económicas para el desarrollo del sector servicios (estudio en proceso).
Geotermia: Altos costos de exploración	· Subsidio contingente para mitigar riesgo exploración. · Levantamiento de información geológica vinculada a la geotermia. · Participación de ENAP con privados en exploración geotérmica.

Finalmente, en el caso de las energías renovables no convencionales con tecnologías no competitivas lo que hemos hecho es facilitar transferencias y desarrollos tecnológicos, así como generar información pública.

## CONCLUSIONES AL CIERRE

Este año ya comenzamos a observar los frutos de esta política, porque hoy existen importantes proyectos en construcción en base a estas tecnologías. En efecto, estimamos que con los proyectos en base a ERNC que ya están en operación, sumados a los que hoy están en construcción, durante este gobierno duplicaremos la capacidad instalada de estas tecnologías.

Cada una de las acciones que hemos llevado a cabo, y ahora hablando en un aspecto más general, nos han permitido asegurar el suministro para lo que queda de este gobierno y para el próximo.

La crisis que vivimos nos enfrentó a una dura realidad, pero como dijera el ex presidente Kennedy, la palabra «crisis» en chino está compuesta de dos partes: una representa el peligro y la otra representa la oportunidad, y, como gobierno, decidimos enfrentar el «peligro» implementando diversas medidas que nos llevaron a salir adelante superando el período de estrechez energética que vivíamos.

A su vez, aprovechamos las «oportunidades» que se nos presentaron para la instalación definitiva de una mirada de largo plazo —contando ahora con un Ministerio de Energía— la que ya ha rendido frutos: hemos diversificado la matriz energética, asegurado

el suministro y estamos entregando a Chile más energía, equitativa, sustentable, eficiente y segura.

Sabemos que aún quedan tareas por delante, pero estamos seguros que Chile, después de los problemas que vivimos, nunca volverá a ser el mismo. Nuestro país, hoy en día, está en otro estadio en materia energética.

# 3.

## LA DISCUSIÓN POLÍTICA ENTRE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

RICARDO NÚÑEZ MUÑOZ

### INTRODUCCIÓN

Sin la intención de abarcar toda la temática relacionada con las normativas institucionales que existen en el país sobre materia energética y cambio climático, es importante señalar algunos indicios que apuntan a que en nuestro país se han ido generando condiciones para que el tema del cambio climático deje de ser estrictamente académico, y empiece a constituirse como uno de los grandes temas y desafíos que el país y la humanidad tienen a futuro.

El hecho de que Ricardo Lagos se haya constituido en la persona preocupada de este tema, por encargo de Naciones Unidas, y que tengamos la posibilidad de discutir sobre sus consecuencias, indica

que se ha ido generando en el país una inquietud bastante mayor, especialmente respecto al cambio climático.

Es preciso señalar que en esta presentación me referiré a los siguientes tópicos: ejemplos históricos de la relación entre política y energía; la discusión política que existe sobre alternativas energéticas para enfrentar el tema del cambio climático; la necesidad de tener un paradigma distinto, que denominamos *la necesidad de replantearse el problema*; el requerimiento de un análisis sistémico del desarrollo energético que el país requiere y, finalmente, el tema de los escenarios y los análisis que sobre esta materia puedan existir.

## EJEMPLOS DE LA RELACIÓN ENTRE POLÍTICA Y ENERGÍA

### Ejemplos históricos

Desde el siglo XIX, pero fundamentalmente desde el siglo XX, el tema del acceso a bienes energéticos ha tenido un valor social y político importante. He aquí algunos ejemplos:

- *«El socialismo es poder soviético más electrificación»*, dijo Lenin al inicio de la revolución rusa. Para él, el poder soviético era lo fundamental. Sin embargo, el modelo de socialismo que se implantó en ese país requería urgentemente del desarrollo energético, especialmente eléctrico. No solamente porque Rusia fuese un país esencialmente rural, el 68% de la población de aquella época lo era, sino fundamentalmente porque se entendía que, para el desarrollo de la industria, era básico tener electricidad en cantidades importantes.
- *Winston Churchill toma la decisión política de sustituir el carbón por petróleo en los buques de la armada británica*. Esto significó expandir el poder imperial de Gran Bretaña a lugares donde hasta ese momento todavía no había llegado la corona inglesa,

y que, para manejar su enorme flota, debía asegurar el abastecimiento de petróleo y, consecuentemente, reducir la extracción de carbón, una decisión que generó un impacto social y económico, especialmente entre los trabajadores vinculados a esa actividad.

Por lo tanto, no es baladí entender que cuando hablamos de energía, también hablamos de política y de política internacional.

- *En la historia de las grandes potencias, durante el siglo XX y lo que va corrido del presente, han tenido fundamental importancia las políticas destinadas a asegurarse el suministro de petróleo, a costa la mayoría de las veces de grandes despliegues militares*. Solamente dos ejemplos que me parecen importantes, uno es el derrocamiento de Mossadeq en Irán en el año 1952, debido a la nacionalización del petróleo que su gobierno llevó a cabo, tal cual ocurrió en nuestro país debido a la nacionalización del cobre. El segundo ejemplo está aún latente: la invasión a Irak llevada a efecto principalmente por EE.UU. Aunque nunca se señaló el interés por el petróleo como una de las razones por las cuales se invadió ese país, lo cierto es que tras las acusaciones al régimen Saddam Hussein de poseer armas de destrucción masiva, se escondía el interés de conquistar las considerables reservas de petróleo existentes en esa zona. Ellas son, después de las de Arabia Saudita, de las mayores conocidas en la actualidad.

### Algunos ejemplos en nuestro país:

- *La decisión política de establecer un convenio de suministro de gas natural con Argentina. Prevalece el menor costo por sobre la seguridad de suministro*: la llegada del gas natural proveniente de Argentina se demostró como perfectamente viable con la construcción de los gaseoductos a través de la cordillera. Esta tarea la emprendieron ambos países y las empresas que estuvieron involucradas en su implementación. Aún así, sin embargo, fue la decisión política adoptada por los gobiernos de

Carlos Menem y de Eduardo Frei, lo más relevante. Independientemente de la mala experiencia que vivió nuestro país a partir del año 2004, con la drástica disminución de los suministros provenientes de allende Los Andes, es bueno destacar que, mientras este llegó con normalidad, el país se ahorró una cifra cercana a los ocho mil millones de dólares y se avanzó en la tarea de descontaminar Santiago.

- *La decisión del Presidente Lagos de implementar el proyecto Gas Natural Licuado (GNL), en el cual se involucraban dos empresas extranjeras además de la chilena ENAP, fue también una decisión política importante.* Ella no solo respondió a las incertidumbres generadas por la decisión del gobierno argentino, sino que, esencialmente, al urgente requerimiento de diversificar nuestra matriz energética, a fin de hacerla más estable, segura y medioambientalmente sustentable.
- *La Presidenta Bachelet constituyó la comisión especial orientada a evaluar la factibilidad del uso de la energía nuclear en nuestro país.* Esta comisión que tomó el nombre de su presidente, el doctor Zanelli, evaluó las distintas alternativas y factores que requieren ser analizados en mayor profundidad, a fin de establecer las bases para una adecuada decisión que inicialmente tendrá que ser esencialmente política.
- *El tema de la energía y el cambio climático, implica tomar decisiones políticas que no solo tienen que ver con nuestro ámbito interno sino que afectan a nuestro comercio y a nuestra política internacional.* Lo anterior nos sitúa, por ejemplo, frente a una de las mayores preocupaciones que deberá enfrentar la cumbre medioambiental de Copenhague, a realizarse en los próximos días. El desafío es reducir la «huella de carbono» y es interesante cómo la humanidad se prepara para ir disminuyendo su presencia, debido a que ella es un factor determinante en el cambio climático que abruptamente vive el planeta. El ejemplo más notable en esta materia es la decisión de la Unión Europea de implementar la política denominada 20/20, que consiste en

disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero el año 2020 a lo menos en un 20%. Todo el mundo espera que Copenhague no sea un fracaso como lo fue la cumbre de Río de Janeiro en los años 90.

- *El desarrollo energético está cruzado por decisiones políticas que, en muchos casos, son de alta complejidad. Ello es esencialmente cierto, pero no hay que olvidar nunca que en la toma de decisiones políticas normalmente se reflejan intereses contrapuestos.* Durante la discusión de Ley Corta I y la Ley Corta II, en la cual me tocó participar como Presidente de la Comisión de Minería y Energía, se buscó generar las condiciones para estimular una mayor inversión en el sector eléctrico del país, especialmente en las áreas de la generación y transmisión tanto en el Sistema Integrado Central (SIC), como en el Sistema Integrado del Norte Grande (SING). Las decisiones que hubo que adoptar no fueron solamente de carácter técnico, sino que fueron esencialmente políticas. El equilibrio no era fácil. Incentivar la inversión y al mismo tiempo evitar que se dispararan los costos de la generación y que estos afectaran a los consumidores finales, fue una tarea difícil de resolver. El Parlamento se pronunció de forma equilibrada y adecuada a través de la llamada Ley Corta II en medio de una seria crisis energética que se avizoraba en el horizonte inmediato del país. Tengamos presente, entonces, que las altas inversiones que requerirán la minería del cobre y el oro en los próximos años necesitarán para su desarrollo una enorme inversión en expandir el sistema energético del país. Es de esperar que dichas inversiones se hagan, teniendo presente los compromisos medioambientales que el país ha suscrito y la legislación medioambiental vigente que busca, entre otros objetivos, promover un desarrollo económico sustentable.

## DE LAS ENERGÍAS TRADICIONALES A LAS ENERGÍAS RENOVABLES: EL DESAFÍO DE LA TRANSICIÓN

### Cambio climático

Lo que está provocando el cambio climático que se observa en el planeta de manera alarmante se debe, fundamentalmente, a la existencia de una economía fundada en el petróleo y sus derivados, el gas natural y el carbón.

Ningún país de la tierra está libre de los efectos negativos que implica el calentamiento global y los gases de efecto invernadero.

Los datos son cada vez más alarmantes. Desde el año 2010 al 2022 la temperatura del Océano Atlántico y el Pacífico aumentará en seis grados. Desde el año 2022 al 2030, otros seis grados. El notorio debilitamiento de la capa de hielos llamados eternos está afectando especialmente al continente antártico.

En la Patagonia que compartimos con Argentina, se encuentran los Campos de Hielo Sur y Norte. Es la tercera reserva mundial de agua dulce. Los últimos estudios indican que también esa zona está siendo afectada por el cambio climático. De igual modo, las corrientes oceánicas conocidas como la Niña y el Niño, se constituyen crecientemente en factores de cambio de los ecosistemas de extensas zonas del océano Pacífico, especialmente al sur del Ecuador. Las lluvias en lugares insólitos como Antofagasta o las bajas temperaturas, que se dan en zonas donde jamás se habían observado fríos intensos, indican que en nuestro país hay más que evidencias de drásticos cambios climatológicos.

### Las energías renovables no convencionales (ERNC)

Las más importantes de ellas son hidráulica, la mini hidráulica o de pasada, la eólica, la geotérmica, la biomasa, la solar y la mareomotriz. Sea por los acuerdos internacionales que podamos suscribir o por el evidente agotamiento de los recursos fósiles, el mundo se

encuentra en un período de transición entre las fuentes energéticas tradicionales y las renovables.

En relación a lo anterior, existe una discusión acerca de cuándo es previsible que el petróleo se agote. La mayor evidencia es que, entre los años 2038-2045, debiera colapsar parte importante de los lugares en donde se encuentra concentrada la producción de petróleo.

Petróleo va a existir por mucho tiempo en Arabia Saudita —donde sabemos que existe un fuerte fundamentalismo religioso— y en Venezuela, que mantiene una permanente controversia política con EE.UU., siendo este último país el mayor consumidor de este insumo en el mundo. En el Mar del Norte, donde se creía que existían grandes reservas, estas ya se encuentran prácticamente agotadas.

En Chile no existe petróleo. Tenemos mínimas cantidades de gas en Tierra del Fuego. Los recursos encontrados en el Lago Merced y Magallanes, son difíciles de extraer debido al alto costo que ello ocasiona. Las prospecciones en el Norte del país no arrojan resultados positivos.

El mundo y consecuentemente Chile, se encuentran enfrentados a este período de transición que está poniendo a prueba la imaginación, la capacidad institucional, la innovación y la investigación científica de todos los organismos internacionales, así como los de nuestro país para enfrentar el enorme reto.

### ¿Qué tipo de energía incorporamos y cuándo?

En esta transición ha resurgido el debate en torno a la energía nuclear. En relación a ello, soy partidario de que sea analizado con altura de miras y sentido estratégico. Debe constituirse en un debate serio, de todos los chilenos y no solamente de los académicos, científicos, ambientalistas o empresarios interesados en su uso. Las decisiones sobre esta materia trascienden los gobiernos, de modo tal que la determinación de usar o no usar energía nuclear en nuestra matriz energética sea vista como una decisión de Estado en la cual se sientan comprometidos todos sus ciudadanos pues, de utilizarla, debe tenerse presente que una planta núcleo eléctrica tiene una existencia no menor de 60 años.

Se avanza muy rápidamente al desarrollo de plantas nucleares de cuarta generación. Para el año 2040, es muy probable que existan centrales de fusión y que tienen la virtud de no producir desechos nucleares. Algunos científicos adelantan que a partir del año 2017 estará en funcionamiento la primera planta a fusión experimental que va a producir un poco menos de un gigawatt. La fusión nuclear, por tanto, es un logro que está al alcance del actual desarrollo de la ciencia.

Un profesor que vino hace poco dijo que «*el país privilegiado es Chile, lejos*», ¿por qué? Porque tenemos el 45% de la reserva mundial conocida de litio. Junto con Argentina producimos el 55%. El que se extrae en el norte del país se encuentra específicamente en el Salar de Atacama. El lugar con mayores reservas en el mundo es el Salar de Uyuni en Bolivia. Entre estos tres países tienen casi el 90% de las reservas mundiales conocidas de litio.

Este mineral no solo sirve para producir energía eléctrica a partir de baterías o para producir a través de aleación con el aluminio un material altamente resistente y liviano, varias veces más que el acero, sino que fundamentalmente para obtener tritio que con toda seguridad, será la fuente que alimentará la núcleo electricidad de fusión por el resto de la existencia del planeta.

A partir de los próximos 30 o 40 años el tritio obtenido a través del litio reemplazará probablemente al uranio, a pesar que la existencia de este se calcula en 83 años.

Hasta aquí hemos visto parte de la complejidad del problema. Además de los aspectos ambientales está el problema de costos, el de seguridad de abastecimiento, etc.

Los que deben tomar decisiones políticas necesitan herramientas. El uso de uno u otro energético no es algo que el mercado pueda resolver por sí solo.

## NECESIDAD DE REPLANTEAR EL PROBLEMA

La infraestructura energética de un país es un sistema complejo, en que múltiples factores terminan interactuando entre sí en un proceso

que se desarrolla a largo tiempo. Es absurdo discutir separadamente las distintas opciones para construir una matriz energética. La infraestructura energética de un país es un todo. Por lo tanto, no tiene sentido tomar una opción, en desmedro de otra. Una mirada reduccionista del tema hace que se pierda el tiempo en discusiones inútiles sobre la conveniencia de uno u otro energético.

## «PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA»: LA HERRAMIENTA NECESARIA

¿Cómo tiene que ser la matriz de generación eléctrica dentro de los próximos 20 años? Es una pregunta que hasta el momento no hemos sabido responder adecuadamente.

Hugo Rudnick de la Universidad Católica plantea que «...*hasta el momento no se han construido escenarios y como país no contamos con visiones estratégicas en materia de generación eléctrica; no como ejercicio académico, sino como instancia que permita potenciar un trabajo y discusiones sobre bases concretas...*».

Estudios realizados por la Universidad de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María, se han constituido en aportes muy significativos sobre la materia. En ellos hay datos relevantes. Se dice que el potencial solar del Desierto de Atacama puede llegar a producir 109.000 megawatts. En Chile se produce actualmente cerca de 12.000 mw.

Gracias a la visita que hiciera la Presidenta Bachelet a California, es probable que el país posea pronto una pequeña planta de energía solar con recursos de ese Estado norteamericano y que se emplazaría en el norte de la Región de Atacama o al sur de la región de Antofagasta. Ella debería generar aproximadamente unos 10 mw.

El Canal de Chacao es una fuente de energía espectacular por el potencial que implican las enormes variaciones que se observan en su régimen de mareas. Escocia aparece como el país más avanzado en la tecnología para utilizar tanto las mareas como las olas.

## Construcción de escenarios energéticos

En materia de escenarios energéticos, también es interesante tener presente los estudios llevados a cabo por Nicola Borregraard y Ricardo Katz, quienes aportan datos muy relevantes.

Igualmente, tanto Chile Sustentable y la Universidad Adolfo Ibáñez han hecho esfuerzos para construir una plataforma de escenarios energéticos utilizando una serie de variables proyectados en 20 años más.

La innovación es, por cierto, una de las variables más importantes. Para lo cual se requiere implementar una política destinada a fomentar en nuestros centros científicos y académicos la investigación en producción de energías limpias de manera masiva, más eficientes y con costos competitivos, en relación a otras fuentes.

## CONCLUSIONES

Al finalizar quisiera concluir señalando que el desarrollo de la matriz energética requiere de una mirada sistémica. Ello se puede lograr haciendo uso de herramientas de la planificación estratégica, tales como el «análisis de escenarios».

Lo anterior nos debe llevar a formular un «Plan Estratégico de Desarrollo Energético», con el concurso de todos y liderado por el futuro Ministerio de Energía. Solo así, quienes deben tomar decisiones políticas lo podrán hacer adecuadamente informados.

# 4.

## EL COMIENZO DEL FIN DE LA ERA DEL PETRÓLEO

ERNESTO ÁGUILA MANCILLA

...This, in turn, defines the beginning of the end of the «*Oil Age*» and society will have to seek other driving forces for future GDP growth...  
*The Peak of The Oil Age*. Uppsala University. Sweden.

### 1. INTRODUCCIÓN

De las presentaciones del Seminario Internacional, «Energía y Medio Ambiente: una ecuación difícil para América Latina», nos llamó especialmente la atención la titulada, «De la civilización del petróleo ¿a dónde? ¿Cómo se hace la transición?»<sup>1</sup> Evidentemente, este solo

<sup>1</sup> MESA REDONDA N° 1. «De la civilización de petróleo ¿a dónde? ¿Cómo se hace la transición?» Sr. Nelson Muñoz, Gerente de Exploración Producción, ENAP.

tema da para más de un seminario. En general, en los seminarios sobre energía que se realizan en Chile, muy pocas veces se habla del petróleo. Menos aún se plantea la posibilidad que la «civilización del petróleo» se fuera a terminar en un futuro previsible.

Como es natural la exposición citada, dentro de las limitaciones de tiempo, solo pudo dejar planteado el problema.

Queremos en el presente documento dar un paso más y, para ello, presentaremos un estudio de la Universidad de Uppsala, Suecia, que trata en extenso el mismo tema, bajo el título de *The Peak of the Oil Age*.<sup>2</sup>

Donde la presentación de ENAP habla de «Civilización», el estudio de la Universidad de Uppsala habla de «Era», dejando en ambos casos planteado un problema de inmensa envergadura y actualidad para la humanidad.

Veamos primero, en forma sucinta, qué nos dice la presentación ENAP.

Comienza mostrando los múltiples usos del petróleo que van desde el que más conocemos que es el transporte, hasta el uso como materia prima petroquímica que da origen a diversos materiales tales como plásticos y fertilizantes.

Luego se plantea la pregunta ¿cuánto petróleo tenemos? Y concluye, después de analizarlo, que la relación entre Reservas y Producción es 90 a 1. En otras palabras, con la demanda actual habría petróleo para 90 años, por lo que concluye que «tenemos suficiente». Esta afirmación es evidentemente discutible pero no ahondaremos sobre esto, ya que, como se muestra a continuación, a pesar de ello, nos vemos en un grave problema o frente a tres problemas, como se dice en la presentación de ENAP.

Se plantea la pregunta ¿por qué reemplazar el petróleo? y afirma que ello tiene que ver con tres problemas:

<sup>2</sup> Aleklett, Kjell; Höök, Mikael; Jakobsson, Kristofer; Lardelli, Michael; Snowden, Simon; Söderbergh, Bengt. *The Peak of the Oil Age. Analyzing the world oil production. Reference Scenario in World Energy Outlook 2008*. En: <http://www.fysast.uu.se/ges/en/headline-news/the-peak-of-the-oil-age>

**Problema 1.** Consumo vs. capacidad de suministro. El problema surge por la incapacidad de aumentar la producción con la velocidad que lo requiere el crecimiento de la demanda. Es este tema el que pretendemos tratar en extenso más adelante, basados en el estudio de la Universidad de Uppsala.

**Problema 2.** El petróleo y el calentamiento global. El segundo problema tiene que ver con la contribución de los combustibles derivados del petróleo a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta condición irá complicando cada vez más su uso.

**Problema 3.** Inseguridad de suministro. La concentración de las reservas en lugares políticamente inestables es parte del problema 3. Un solo dato, los países del MENA (Middle East & North Africa) tienen el 71% de las reservas mundiales de petróleo.

La hipótesis planteada en la presentación ENAP es, tenemos petróleo suficiente pero, concurren tres problemas que hacen necesario disminuir el consumo de los combustibles fósiles, petróleo incluido.

## 2. EL PEAK DE LA ERA DEL PETRÓLEO

Pasamos a presentar en detalle el estudio de la Universidad de Uppsala que tiene que ver con la incapacidad que existiría de poder aumentar la producción a una velocidad que sea compatible con el crecimiento económico y la demanda de petróleo que este requiere.

El 9 de noviembre 2009, la Universidad de Uppsala (Suecia) publicó un revolucionario análisis del informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA por su sigla en inglés) correspondiente al año 2008, WEO 2008 (*World Energy Outlook*, 2008).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> La versión electrónica del WEO2008, se puede adquirir en <http://www.worldenergyoutlook.org/2008.asp>. También se puede bajar de este lugar un Resumen Ejecutivo, libre de costo.

La IEA es un organismo autónomo de la OECD y su propósito es actuar como consultor de los 28 países miembros. En esta calidad sus informes son usados como una guía autorizada para la toma de decisiones en relación a políticas energéticas en todo el mundo. La Universidad de Uppsala, a su vez, estudia desde hace muchos años la declinación global de los yacimientos petrolíferos en el mundo y sus implicancias económicas y sociales.

En la figura 1 se muestra un gráfico de la IEA, con el pronóstico de la producción diaria de petróleo crudo al 2030, expresada en millones de barriles por día (Mb/d). En ella la producción se muestra dividida en 6 partes:

1. Yacimientos que están actualmente en producción.
2. Yacimientos conocidos aún por ser desarrollados.
3. Yacimientos por ser descubiertos.
4. Producción adicional por recuperación mejorada (EOR. *Enhanced Oil Recovery*).
5. Petróleo no convencional (arenas asfálticas de Canadá, petróleo extra pesado de Venezuela, conversión de gas natural en combustibles líquidos (G to L) y obtención de combustibles líquidos a partir del carbón (C to L).
6. Líquidos del gas natural.

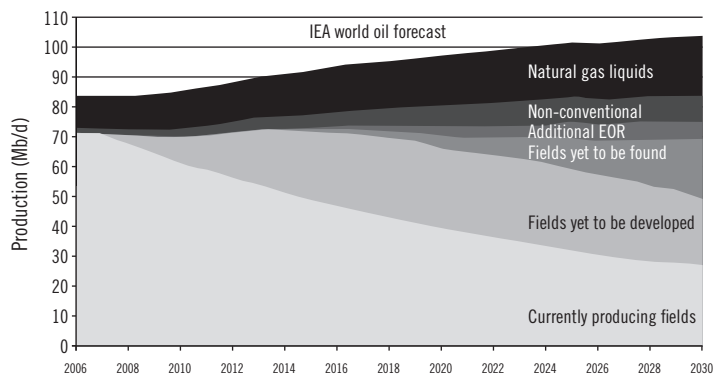


Figura 1  
Fuente: Figure 11.1 in WEO 2008.

En este análisis, la Universidad de Uppsala discute los escenarios de demanda y los escenarios para cada una de las seis partes en que se ha dividido la producción diaria.

## 2.1 Necesidades futuras de petróleo – el escenario de demanda

Respecto del estudio de la IEA, la Universidad de Uppsala dice:

Las predicciones de la IEA han estado siempre guiadas por la conexión entre el crecimiento económico y el incremento del consumo de petróleo. En la página 92 del WEO 2008 se declara que: «la actividad económica se mantiene como el principal impulso a la demanda de petróleo en toda la región. Desde 1980, cada 1% de incremento en el PIB ha sido acompañado por un 0,3% de incremento de la demanda de petróleo». Para el escenario de referencia, la IEA asume un crecimiento económico continuo de 3% anual hasta el 2015. Esto requiere un incremento del consumo de petróleo de 1,3% anual, y para el período siguiente, ellos prevén un 0,8% anual. La demanda mundial de petróleo para el 2030 será por lo tanto de 106,4 Mb/d. Consecuentemente, para satisfacerla, se debe incrementar la producción.

El asunto es, si la producción futura de petróleo puede satisfacer la demanda proyectada y sostener así el crecimiento económico continuo.

## 2.2 Las perspectivas de producción de petróleo crudo

Como podemos ver en la figura 1 la producción diaria se divide en seis partes, las cuatro primeras se refieren a la producción de petróleo convencional y las dos últimas a petróleo no convencional y a los líquidos del gas natural.

La producción diaria de petróleo convencional, a su vez, se divide en cuatro partes: yacimientos que están actualmente en producción, yacimientos conocidos aún por desarrollar, yacimientos por ser descubiertos y producción adicional por recuperación mejorada (*Enhanced Oil Recovery*. EOR).

### 2.2.1 Yacimientos que están actualmente en producción

La producción de petróleo para estos yacimientos que se reporta en el WEO 2008 fue para el 2007 de 70,2 Mb/d (Millones de barriles día). La pregunta que también se plantea es cuál será la producción para el 2030, en 23 años más.

En el escenario de referencia, la IEA distingue entre producción terrestre y costa afuera. Esta distinción es importante ya que la declinación de la producción en ambos casos es completamente diferente. En parte, esto es porque, a menudo, es más fácil mantener y mejorar los yacimientos que están en tierra, que aquellos que se encuentran en el mar. Sin embargo, otros factores claves —como la necesidad de altos flujos para recuperar la gran inversión inicial de los proyectos costa afuera— también desempeñan un papel importante en la determinación de las tasas de declinación.

En el capítulo 10 del WEO 2008, se describen resultados consistentes con los estudios de la Universidad de Uppsala, respecto de un número similar de yacimientos gigantes. La tendencia general es que los yacimientos costa afuera declinan más rápidamente que los yacimientos terrestres.

En la página 255, WEO 2008 establece que la declinación media de los yacimientos terrestres es 3,2% anual y el valor correspondiente para los yacimientos costa afuera es de 6,3% y que ambos permanecerán constantes durante 23 años hasta el 2030.

Dice finalmente la Universidad de Uppsala, «no encontramos sustanciales diferencias y nada que objetar en el análisis de la IEA para los yacimientos que están actualmente en producción».

Solo podemos concluir que se requerirá sustanciales nuevas capacidades para compensar la declinación de los yacimientos existentes. Como dijo Fatih Birol, Economista Jefe de la IEA, en febrero de 2009 en la Universidad de Columbia, «...aunque la demanda de petróleo se mantuviera constante hasta el 2030 se requerirían cinco Arábias Sauditas para compensar la declinación de los yacimientos que están actualmente en producción».

### 2.2.2 Yacimientos conocidos aún por desarrollar

El gráfico de la figura 2 del informe de la IEA muestra la producción estimada de los yacimientos conocidos por desarrollar. Esta nueva producción está dividida en cuatro clases de yacimientos: yacimientos terrestres de la OPEC, yacimientos costa afuera de la OPEC, yacimientos terrestres no-OPEC, y yacimientos costa afuera no-OPEC.

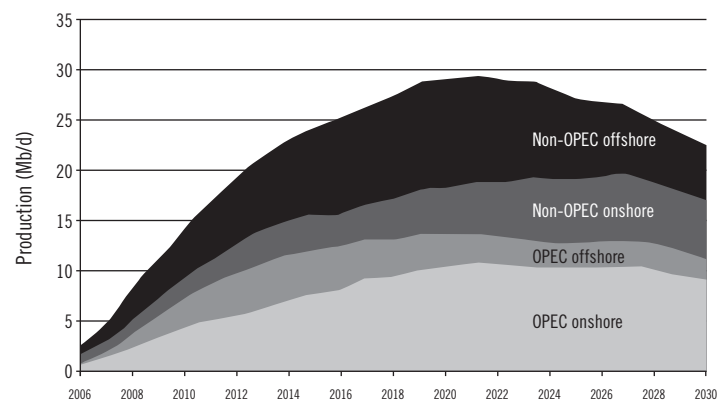


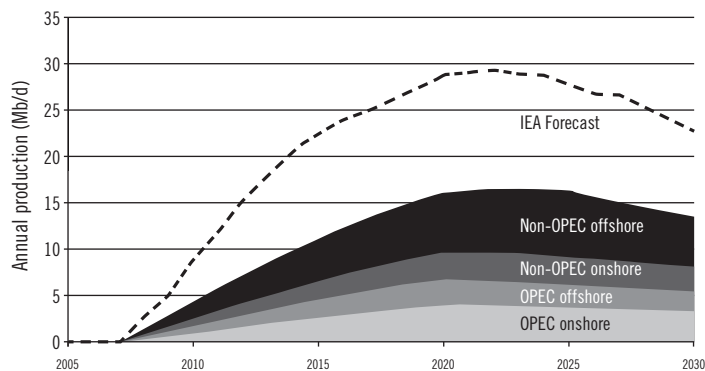
Figura 2: IEA production forecast for fields yet to be developed.  
Fuente: WEO 2008 Reference Scenario.

Para determinar si el escenario de la IEA para los yacimientos por desarrollar es realista, el estudio de la U. de Uppsala, utiliza el análisis de la tasa de declinación de varios autores (cuyos detalles omitimos, en mérito a entregar una versión resumida), dejando abierta la posibilidad que aquellos que deseen profundizar el tema puedan consultar el estudio en la Web (ver nota al pie, número 2, en la página 1 del presente documento).

La aproximación al tema de la U. de Uppsala consiste entonces, en comparar el comportamiento de la tasa de declinación del informe de la IEA con la experiencia histórica. En este caso, a diferencia de lo ocurrido con el análisis de los yacimientos que están actualmente en producción, el estudio de la U. de Uppsala difiere

radicalmente del WEO 2008, como se observa en la figura 3, donde la proyección de la IEA se muestra con línea segmentada.

Dice el estudio que la estimación de producción de la IEA es problemática de lograr a la luz de la experiencia histórica y a los patrones de producción existentes. La IEA espera que el petróleo sea extraído en una velocidad nunca vista antes, sin justificar esta aseveración. En teoría, sería posible conseguir una declinación tan rápida si se hicieran las inversiones apropiadas, pero esto debe ser visto como un caso extremo. En cambio, las políticas de producción de la OPEP, así como los desafíos financieros recientes, indican que uno puede esperar índices de declinación inferiores en el futuro.



**Figura 3: Realistic production outlook from fields yet to be developed.**

Fuente: *The Peak of the Oil Age*. Uppsala University.

Continúa el estudio de la U. de Uppsala afirmando que el pronóstico dado en WEO 2008 es poco realista para la producción de los yacimientos aún por ser desarrollados, al dar un máximo para todas las clases de yacimientos combinadas de 29.3 Mb/d justo después de 2020, cayendo a 22.5 Mb/d el 2030. Esto solo es posible con tasas de declinación irrazonablemente altas. No se puede considerar razonable el asumir que la OPEP desarrollará sus reservas mucho más rápido que el Mar del Norte. Se obtiene una proyección futura muy diferente —continúa diciendo el estudio— para yacimientos a desarrollar

cuando aplicamos el comportamiento de reducción consistente con la experiencia histórica y con las políticas de producción (figura 3).

Se puede ver una diferencia de 9 Mb/d al 2030, para la producción de yacimientos por desarrollar en el Escenario de Referencia de la IEA (con una producción de 22.5 Mb/d), comparado con el escenario de la U. de Uppsala (con una producción de 13.5 Mb/d). Las reservas, aún para ser desarrolladas de 257 GB en WEO 2008, están localizadas en 1874 yacimientos que deberían entrar en la producción durante los próximos 20 años. Es algo como que entren 8 yacimientos en producción por mes durante aquel período, con una significativa proporción de estos yacimientos desarrollados en una velocidad igual a la del Mar del Norte. Incluso si el petróleo existe, es cuestionable si la inversión necesaria para producir tan rápido desarrollo se puede conseguir en forma oportuna.

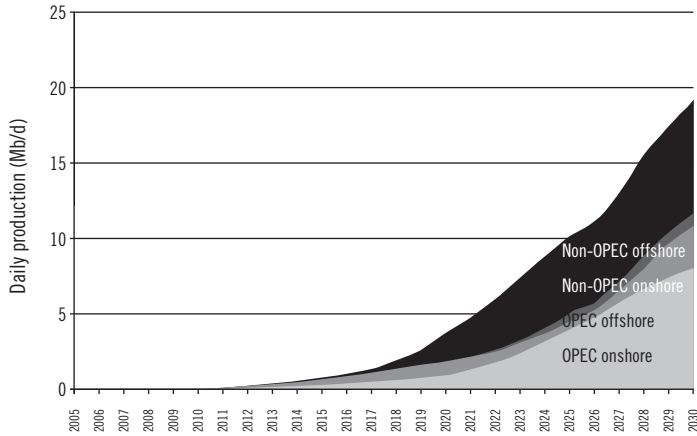
Todas estas consideraciones quedan muy bien reflejadas en la figura 3, donde se indica con línea segmentada la predicción de producción para los yacimientos actuales susceptibles de ser desarrollados.

### 2.2.3 Yacimientos por ser descubiertos

En el Escenario de Referencia del WEO 2008, se predice una producción petrolífera de 104 Mb/d hacia el 2030; el 25% de esto debe venir de los yacimientos actuales con producción en declinación, el 22%, de yacimientos conocidos aún para ser desarrollados y el 18% (19 Mb/d), de yacimientos petrolíferos aún por ser encontrados. Para justificar la contribución del 25% que proviene de yacimientos actualmente en producción, la IEA usa un capítulo entero y justifica el 22% contribución de campos conocidos aún para ser desarrollado en solo tres páginas. Sin embargo, en defensa del 18% de yacimientos petrolíferos aún por ser encontrados, la IEA solo usa las oraciones siguientes, combinadas con la figura 4:

«La producción petrolífera convencional de yacimientos aún por ser encontrados se proyecta que alcance 19 Mb/d el 2030, basado en el descubrimiento proyectado de 114 mil millones de barriles de reservas en todo el mundo sobre el período de proyección. Casi 11 Mb/d vienen de

campos costa afuera. La producción en tierra viene, sobre todo, de países de OPEP —8 Mb/d de un total de 8.7 Mb/d en 2030— como la mayoría del recurso no descubierto del Oriente Medio están en tierra.



**Figura 4: IEA production forecast for fields yet to be found.**  
Fuente: Figure 11.9 in WEO 2008.

Por contraste, la mayoría de la producción de los yacimientos por ser encontrados vienen de los países no OPEP: ellos producen 7.9 Mb/d de un total de 10.7 Mb/d en 2030. Los yacimientos no OPEP costa afuera aún para ser encontrada están casi igualmente divididos entre Rusia y otros países euroasiáticos, África y OCDE Norteamérica».

Dice el estudio de la U. de Uppsala que, después de revisar el WEO 2008, debemos cuestionar la realidad que hay detrás de esos números y para ello hace los siguientes razonamientos y consideraciones:

Extrapolando la tendencia histórica observada durante 50 años, estimamos que se pueden descubrir alrededor de 149 Gb<sup>4</sup> durante 2008-2030.

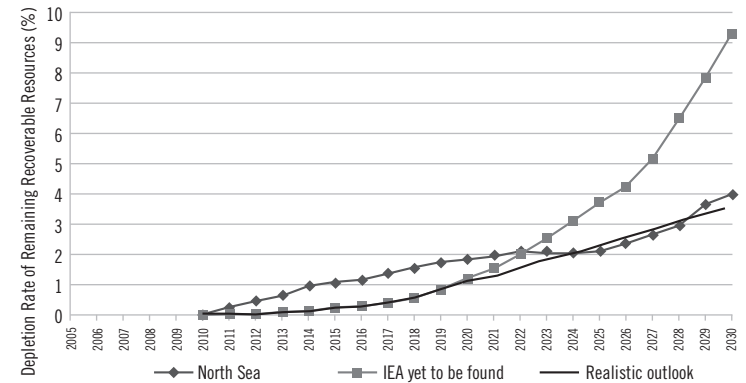
<sup>4</sup> Gb indica Giga barrels. 1 Gb = mil millones de barriles.

La demora típica entre el descubrimiento y la primera producción es de alrededor de 5 años para los yacimientos gigantes, con tendencias más largas para yacimientos corrientes.

Aquellos yacimientos que se espera estén en producción en 2030 deben, en la mayor parte de casos, ser descubiertos hacia 2024 o antes, a fin de ser desarrollados, y puestos a producir. Por consiguiente, usando los descubrimientos sumados a partir de 2008 y hasta 2024, como reservas para ser desarrolladas, que puede ser estimado en 121 Gb. Así, los 114 Gb de la IEA, es un valor realista, según este análisis.

Digitalizando<sup>5</sup> la figura 5, da una producción acumulada estimada hasta el 2030 de los yacimientos a ser encontrados de 46 GB.

La figura 5 muestra la tasa de declinación de los yacimientos por descubrir, según la IEA.



**Figura 5: Depletion rates for the North Sea and fields yet to be found.**  
Fuente: *The Peak of the Oil Age*. Uppsala University.

Como comparación, se muestra la tasa de declinación del Mar del Norte de 1975-1995, la región del mundo que ha tenido el más

<sup>5</sup> Con digitalizar, la U. de Uppsala se refiere a generar una base de datos numérica a partir de la información gráfica de la IEA, para así poder hacer los cálculos que se consideren pertinentes.

alto incremento en la tasa de declinación. Al hacer la comparación como puede verse, hay una gran discrepancia con el comportamiento histórico de la tasa de declinación.

Antes del 2019, la IEA (2008) da una razonable proyección para el desarrollo de los futuros descubrimientos. Esto es asumir un desarrollo menos rápido que el Mar del Norte. Sin embargo, a partir del 2019, esta tendencia razonable es reemplazada por una fase de desarrollo y de declinación mucho más rápida, de hecho es una tasa de desarrollo sin precedentes. Por lo tanto, como una proyección más realista, la U. de Uppsala restringió la tasa de desarrollo después de 2019 a la previamente observada para el Mar del Norte (figura 5). Calculando la producción equivalente, se obtuvieron 8.7 Mb/d de yacimientos aún por ser encontrados hacia 2030. Por vía de la comparación, un volumen descubierto de 114 GB está en el orden de una y media veces la región de Mar del Norte. Se necesitaron aproximadamente 25 años para llevar la producción de Mar del Norte a un máximo de 6 Mb/d. Por lo tanto, un nivel de producción de aproximadamente 9 Mb/d es realista, si 114 Gb son descubiertos y desarrollados tan rápidamente como la región de Mar del Norte. Se subraya que en el Mar del Norte, la región fue desarrollada especialmente rápida y mostró una alta tasa de declinación. Por lo tanto, utilizando esto como modelo de desarrollo de los yacimientos aún para ser encontrados, la fracción en conjunto debería ser vista como relativamente optimista.

En resumen, una producción de 19 Mb/d el 2030 para los yacimientos por descubrir está basada en una alta tasa de declinación nunca antes vista en la historia. La U. de Uppsala predice 9 Mb/d.

#### 2.2.4 *Producción adicional por recuperación mejorada* (EOR. Enhanced Oil Recovery)

La estimación del WEO 2008, es de 6.4 Mb/d. La IEA atribuye gran importancia a la inyección de CO<sub>2</sub>. Creemos que la industria petrolera usará todos los medios disponibles para aumentar la producción petrolífera de viejos yacimientos petrolíferos, porque la declinación en la producción de campos existentes será severa. Actualmente, solo

una pequeña fracción de los yacimientos petrolíferos del mundo usa recuperación mejorada. A juicio de la U. de Uppsala, la producción proyectada, por recuperación mejorada al 2030 se puede considerar razonable, si el uso de la inyección CO<sub>2</sub> es puesto en práctica junto con inversiones masivas. En el resumen, se considera la proyección futura para esta fracción como aceptable.

#### 2.2.5 *Petróleo crudo total disponible a futuro*

Por la suma del petróleo de yacimientos que están actualmente en producción, más los yacimientos a ser desarrollados, los por descubrir y la producción por recuperación mejorada se obtiene una proyección que indicaría que, probablemente, el *peak* del petróleo está ocurriendo en este momento.

En el WEO 2008, la IEA obtiene un cuadro muy diferente, usando la misma base de datos. ¿Podemos explicar esta diferencia? El estudio de la U. de Uppsala, mostró que la producción de los yacimientos actuales es aceptable. También consideran aceptable los volúmenes de petróleo en yacimientos por desarrollar y los aún por descubrir. Finalmente, se considera aceptable la adición por producción mejorada. La diferencia está en un parámetro solamente, que es la «tasa de declinación de la reserva recuperable remanente». La producción futura propuesta por la IEA asume una alta tasa de declinación no realista. Dicho en forma sencilla, el estudio de la U. de Uppsala considera que, aún existiendo el petróleo *in situ*, no es posible producirlo a la velocidad que asume el estudio de la IEA.

### 2.3 **Petróleo no convencional**

La IEA define como no convencional el petróleo proveniente de arenas bituminosas, el extra pesado, el producido a partir del gas natural (*gas to liquid*), el que se obtiene a partir del carbón (*coal to liquid*) y los aditivos químicos usados con los combustibles. Según el WEO 2008, se espera que el petróleo no convencional aumente de 1.7 Mb/d el 2007 a 8.8 Mb/d hacia 2030. Con una tasa de crecimiento

media anual del 8%, esto es una tasa espectacular de desarrollo comparable al boom del petróleo después de la Segunda Guerra Mundial. Desde una perspectiva del recurso, el petróleo no convencional parece tener un potencial enorme, pero los procesos industriales requeridos para convertir estos recursos en fluidos útiles para el transporte son muy diferentes al de la producción de gasolina, combustible de aviación, gasoil y petróleo de búnker a partir de petróleo crudo convencional.

Los costos de producción más bajos para la extracción de cualquiera de estos recursos son mucho más altos que el costo para producir a partir de petróleo crudo. Estos altos gastos serán definitivamente un factor limitante en la producción.

### 2.3.1 Arenas bituminosas

El WEO 2008 predice que el nivel de producción de las arenas petrolíferas será 5,9 Mb/d, dividido en 1.4 Mb/d obtenido por minería y 4.5 Mb/d de producción *in situ*.

En resumen el estudio de la U. de Uppsala espera una producción de petróleo de las arenas de 3.9 Mb/d para el 2030, dividido en 1.4 Mb/d de minería y 2.5 Mb/d de recuperación *in situ*.

### 2.3.2 Petróleo extra-pesado

La producción de petróleo extra pesado de Venezuela es usualmente tratado como petróleo no convencional, pero la IEA lo clasifica ahora como petróleo convencional. Y, algo sorprendente, su producción no es discutida con gran detalle.

El resto de la producción petrolífera extra-pesada que no es de Venezuela es principalmente producción de Kuwait, pero también la proveniente de unos proyectos aislados en Brasil, Vietnam e Italia. Por lo tanto, la predicción de 0.7 Mb/d es razonable. Si la economía se recupera y los precios de petróleo aumentan, es razonable alcanzar 0.7 Mb/d. En la esencia, se puede considerar las expectativas de la IEA, en lo que dice relación a petróleo extra-pesado como realista.

### 2.3.3 Gas-to-liquid (GTL)

El IEA (2008) estima el costo de producción entre US\$ 40 y US\$ 90 dependiendo fuertemente del precio de la materia prima, el gas natural. Además, el WEO 2008 afirma que los proyectos planeados traerán una capacidad total de GTL mundial sobre 0.2 Mb/d en 2012. En total, se espera que la producción mundial de GTL alcanzará a 0.65 Mb/d hacia 2030.

Los altos gastos de producción, y el hecho que el gas natural será probablemente necesario como tal en el futuro, indican que los niveles de producción serán menores de 0.65 Mb/d y más cerca a 0.2 Mb/d en 2030. Sin embargo, no se puede rechazar la predicción IEA como irrazonable en este punto.

### 2.3.4 Coal-to-liquid (CTL)

Históricamente, el CTL ha sido desarrollado en unos pocos países bajo circunstancias especiales. Sud África es un ejemplo: comenzó a usar este método cuando fue sometido a sanciones y la empresa SASOL ha mantenido una producción de alrededor de 0.15 Mb/d.

En el WEO 2008 se estima que el CTL se incrementará a 1 Mb/d para el 2030. Se puede concluir que la expectativa del CTL en WEO 2008 es optimista y solamente vagamente justificado, pero no inalcanzable con adecuadas inversiones y desarrollo.

### 2.3.5 Aditivos químicos

Esta categoría es vagamente mencionada en WEO 2008 y no se discute en el *report*. La contribución de los aditivos químicos permanecerá en 0.2 Mb/d, pero se acepta lo propuesto por la IEA como razonable.

### 2.3.6 Sumario del petróleo no convencional

Descontando el petróleo pesado de Venezuela se asumen los volúmenes siguientes: 3.9 Mb/d de arenas petrolíferas, 0.7 Mb/d de petróleo

extra-pesado, 0.65 Mb/d de GTL, 1 Mb/d de CTL y finalmente 0.2 Mb/d de aditivos químicos. La suma da un total de 6.5 Mb/d. Esto es 2.3 Mb/d menos que la predicción del WEO 2008.

## 2.4 Líquidos del gas natural

En el escenario de referencia para los futuros suministros de petróleo, figura 1, los líquidos del gas natural hacen una contribución muy importante.

El estudio de la U. de Uppsala establece que hay un error al no considerar que el contenido energético de un barril de líquidos del gas natural es inferior al de un barril de petróleo. Un barril de líquido del gas natural reemplaza solamente 0.7 barriles de petróleo en términos de energía.

El estudio de la U de Uppsala concluye que la producción de líquidos del gas natural es igual a 15.5 Mb/d, lo que equivale a 11.5 Mb/d de petróleo.

## 2.5 Conclusiones

El suministro de petróleo mundial, incluido la ganancia en procesamiento, era 84.3 Mb/d en 2007, esto es, un aumento del 10% comparando con la producción del 2000. En el mismo período, el mundo tuvo un aumento grande en el crecimiento del PIB y este aumento estaba ligado al aumento del uso de petróleo según la IEA. En el estudio, la IEA mantiene esta relación entre el aumento futuro del PIB y el aumento de la producción petrolífera. En base a esto, una conclusión posible puede ser aquella, que cualquier caída en la futura producción petrolífera, produciría una caída similar en el PIB, dado que el petróleo, a pesar de la disponibilidad de otras fuentes de energía, ya no podrá ayudar a conducir el futuro crecimiento de PIB.

Sumando las diferentes fracciones, el estudio de la U. de Uppsala concluye que el suministro de petróleo mundial hacia 2030 va a ser de solo 75.8 Mb/d (Tabla 1) y no los 106.4 Mb/d que estimaba el informe de la IEA, WEO 2008.

Fractions defined by IEA in World Energy Outlook 2008	Production in 2030 World Energy Outlook 2008	Production in 2030 This study
Crude oil-currently producing fields	27.1	27.1
Crude oil-to be developed	22.5	13.6
Crude oil-new discoveries	19.2	8.7
Crude oil-Enhanced oil recovery	6.4	6.4
<b>Crude oil-total</b>	<b>75.2</b>	<b>55.1</b>
Non-conventional oil	8.8	6.5
Natural Gas Liquids (NGL)	14.9*	11.5
Sum of all fractions	98.9	73.2
Processing gains	2.6	2.6
<b>World oil supply</b>	<b>101.5</b>	<b>75.8</b>

\* 19.8 Mb/d NGL has been converted to 14.9 Mb/d oil equivalents.

**Tabla 1: Sumario de la producción informada por World Energy Outlook 2008 y los resultados del presente trabajo.** Todas las cifras en Mb/d.  
Fuente: *The Peak of the Oil Age*. Uppsala University.

La fracción relevante en el pasado ha sido la producción de petróleo crudo y aproximadamente el 80% de la discrepancia entre los números de la U. de Uppsala y el informe de la IEA, viene de la diferencia en las cifras para la futura producción de petróleo crudo. Clave resulta la introducción de la «tasa de declinación del recurso restante recuperable ( $d_t$ )». Este parámetro ha sido estudiado en diversas publicaciones y se ha determinado que los límites razonables para  $d_t$  pueden ser definidos a partir de la producción real. En el WEO 2008, la IEA no ha considerado el factor  $d_t$  para las fracciones donde esto es importante, llegando a escenarios de producción poco realistas. En análisis donde los valores de  $d_t$  son sin importancia, los pronósticos de IEA en el WEO 2008 generalmente son satisfactorios. En general, cualquier análisis que asume valores más altos de  $d_t$  que los vistos históricamente, debe explicar qué factores y qué condiciones son responsables de las desviaciones.

Basado en estudios de los yacimientos petrolíferos gigantes del mundo (la columna vertebral de producción petrolífera global) se puede concluir que las nuevas fracciones son, en gran parte, incapaces de compensar la declinación en la producción existente. Es

improbable que la futura producción de petróleo crudo mundial vuelva alguna vez a los niveles vistos en 2008.

El colapso del precio de petróleo desde mediados de 2008 y los retardos en la inversión que esto ha inducido, hará esta situación aún más desafiante, sobre todo considerando que el actual impacto económico es difícil de cuantificar en este momento. Por lo tanto, la U. de Uppsala considera su análisis, desde esta perspectiva, como optimista, ya que la carencia de inversión generalmente desalienta el futuro desarrollo con severidad.

La diferencia en la producción petrolífera no convencional viene principalmente de estimaciones diferentes de futura producción petrolífera de la arena de petróleo en Canadá. Se está de acuerdo con el volumen de la fracción de minería, pero se discrepa sobre la que viene de la producción *in situ*.

En el informe de la IEA para los líquidos del gas natural la fracción es 19.8 Mb/d y esta fracción es convertida a 14 Mb/d de petróleo equivalente, de acuerdo a las prácticas aceptadas. Para producir esta cantidad de líquido se necesita incrementar la producción de gas natural en 90%, pero el WEO 2008 para el gas solamente predice un 47%. Haciendo las correcciones pertinentes se arriba, para los líquidos del gas natural, una contribución de solamente 11,5 Mb/d de petróleo equivalente.

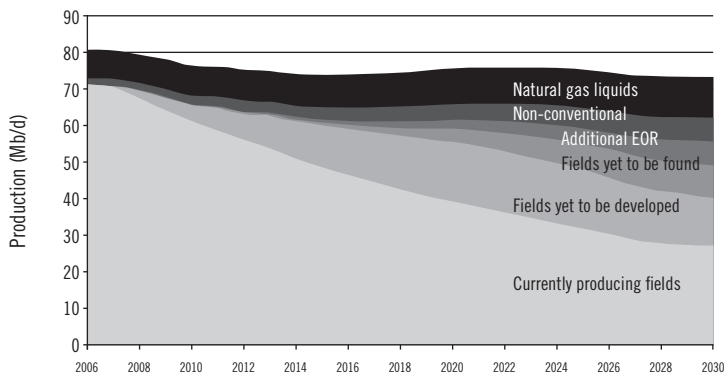


Figura 6: Uppsala world oil outlook 2008.  
Fuente: *The Peak of the Oil Age*. Uppsala University.

La suma de todas las fracciones se da en la figura 6, y esto puede ser considerado como el caso de referencia futuro, la perspectiva 2008 de producción de petróleo del mundo, de la U. de Uppsala o Uppsala 2008. Esta produce una ondulante y suave pendiente llegando a un nivel de producción de aproximadamente 75 Mb/d el 2030. Sin embargo, la futura producción petrolífera es muy dependiente de los yacimientos aún por desarrollar y con el fin de proporcionar algunas visiones alternativas, estas se han representado en la (figura 7).

El escenario de desarrollo rápido puede ser visto como un futuro, donde la economía se recupera con velocidad y los yacimientos aún para ser desarrollados son puestos en producción rápidamente. Incluso en este escenario, el *peak* solo es trasladado adelante unos años antes de que comience una pendiente. El escenario lento de desarrollo asume que los nuevos yacimientos son puestos en producción gradualmente. Esto realmente lleva a una pendiente seguida de una recuperación parcial después del 2020. Todas las proyecciones muestran que la producción petrolífera mundial hacia 2030 será más baja que la de hoy.

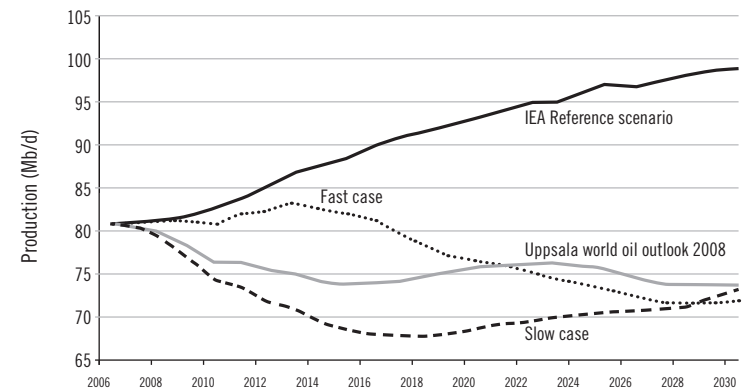


Figura 7: Comparison of different future oil production scenarios.  
Fuente: *The Peak of the Oil Age*. Uppsala University.

La relación entre el crecimiento del PIB y el consumo de petróleo es el resultado de la marcha de los negocios como siempre, pero

ahora podemos concluir que el futuro crecimiento del PIB deberá depender de otros combustibles distintos al petróleo. Esto, a su vez, define el **comienzo del fin de la «Era del Petróleo»**, y la sociedad tendrá que buscar una nueva fuerza que dinamice el futuro crecimiento del PIB. En todas las estimaciones de la U. de Uppsala, la producción para el 2030 será menor a la actual. Parece ser lo más probable que el mundo ha pasado el *peak* global de producción y ha entrado en la fase descendente. Si este es el caso, entonces el mundo habrá alcanzado el «Peak de la Era del Petróleo».

## BIBLIOGRAFÍA

International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook, 2008, WEO 2008*.  
En: <http://www.worldenergyoutlook.org/2008.asp>

Aleklett, Kjell; Höök, Mikael; Jakobsson, Kristofer; Lardelli, Michael; Snowden, Simon; Söderbergh, Bengt. *The Peak of the Oil Age. Analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008*. En: <http://www.fysast.uu.se/ges/en/headline-news/the-peak-of-the-oil-age>

# 5.

## LA HORA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

RAÚL SOHR BISS

«Energías renovables: mito o realidad» es el título de la exposición que se me ha asignado. Preguntarnos hoy si la energía renovable es un mito es algo anacrónico pues su desarrollo, en todo el mundo, salta a la vista. En lo que toca a Chile la pregunta es a qué velocidad crecen y a qué precio consiguen competir.

Mi enfoque sobre la energía parte de una visión política reforzada por mi especialidad en temas de seguridad. Si en el mercado uno se preocupa de los precios, en la seguridad la consideración central es la amenaza. ¿Cuál es la principal amenaza que enfrenta un país en un momento dado? Hace un par de años me tocó participar en una serie de seminarios y debates sobre, precisamente, cuál era la mayor amenaza que enfrenta Chile.

Por amenaza debemos entender aquello que puede interrumpir o afectar severamente la marcha del país o su integridad. Yo llegué a la

conclusión que el principal peligro que enfrentamos es el energético. Esta es, a mi juicio, la variable clave. No son los países vecinos o el conflicto con otras naciones las que podrían causar un daño sustantivo al desarrollo de Chile. La amenaza central es que nos quedemos sin suficiente energía. Y, al respecto, quiero señalar, y lo dijo recién el Ministro de Energía, Marcelo Tokman, que Chile cometió un error estratégico de proporciones incalculables. Él lo dijo con una metáfora muy suave al señalar que «casi se me rompió la canasta con los huevos». Es una forma de decir que casi nos quedamos sin energía y estuvimos al borde de una crisis muy seria. Una crisis, en todo caso, absolutamente previsible. En 1995 tuve la oportunidad de hacer un reportaje sobre el gasoducto que se construía y entonces, en el Banco Mundial, me dijeron que no había gas suficiente para Argentina y Chile y que, en aproximadamente diez años, íbamos a enfrentar una crisis. Exacto, absolutamente exacto. Por lo tanto, son crisis previsible, como tantas otras que tenemos en Chile y que se ignoraron. Se ignoraron por una lógica de mercado porque las cifras, en apariencias, se daban bien. En esa perspectiva, tanto me preocupó el tema que inicié la escritura de mi libro «Chao, Petróleo», que ya está en las librerías.

La tesis central del libro es que la energía es un tema esencialmente político. El combustible que se emplea, los precios, las fuentes de abastecimiento no descansan solo en consideraciones técnicas. Por supuesto, el petróleo es la mejor fuente de energía en términos calóricos, en términos de rendimiento, de almacenamiento. Pero el petróleo tiene su historia: fue una energía que despegó a comienzos del siglo pasado. El auge de EE.UU. y el petróleo marchan de la mano. De hecho, el petróleo ha sido la inyección económica y energética más importante que ha experimentado la humanidad. Mucho del progreso que vemos se debe a los hidrocarburos. Claro que no basta con tener crudo pues hay muchos países que lo tienen y están en bajos niveles de desarrollo. Pero Estados Unidos tuvo condiciones societales y un Estado, que le permitieron utilizar el petróleo al punto de convertirlo en la potencia dominante.

La estructura del mercado energético presenta en el mundo un alto grado de concentración. Ahora bien, uno puede plantear el tema del mercado en forma relativamente neutra y presentarlo simplemente como el juego de la oferta y la demanda que redund

en los precios. Pero siempre hay opciones políticas, como fue la opción del gas, del gas argentino que, aunque había una clara conveniencia en los precios, se ocultaron los problemas. En Chile se ha postergado en forma incomprensible el desarrollo de las energías renovables. Ello, porque ellas resultan disfuncionales a los agentes económicos que controlan el mercado energético.

Creo que hoy se da un debate muy interesante en el mundo y hay países como Dinamarca que ya derivan el 22% de su energía del viento. Ese alto porcentaje fue resultado de una decisión política adoptada en 1973, luego del llamado *shock* petrolero que en pocos meses cuadruplicó el precio del crudo. Ello llevó a explotar el viento. Desde entonces, el desarrollo tecnológico en materia de aerogeneradores es realmente impactante. Hay, en consecuencia, países que han demostrado que pueden suplir una parte importante de sus requerimientos energéticos a partir de energías renovables.

A mi juicio, la energía renovable no convencional más importante es el viento. El año pasado visité una empresa que se llama Q-Cells y que es la más grande de células fotovoltaicas en Alemania y me parece que todo lo que es la producción de energía, no la energía pasiva que es la de los paneles solares, sino la fotovoltaica, le falta aún para lograr precios competitivos. En los países donde se la está utilizando en forma masiva, como en Alemania, tiene grandes subsidios por parte del Estado. Sin embargo, el viento es económico, menos contaminante y por lejos más competitivo. Creo que hoy día la gran lucha está entre la energía nuclear y el viento. Eso es lo que está en juego, especialmente en Europa.

#### Las virtudes del viento:

- La energía primaria, el aire, es gratis.
- La energía primaria es renovable e infinita.
- Es abundante, nadie puede cortar su curso o acceso como ocurre con el petróleo o el uranio.
- El costo del ciclo de vida de su empleo puede ser garantizado, a diferencia de los combustibles fósiles que tienen grandes variaciones de precios.

- El viento es competitivo con otras fuentes energéticas empleadas en la actualidad.
- Los aerogeneradores no emiten CO<sub>2</sub>, no contaminan la atmósfera y no crean desechos tóxicos radioactivos por miles de años.
- Los aerogeneradores no requieren agua para el enfriamiento, como sí ocurre en las plantas nucleares.
- El viento amortiza rápido la energía invertida en su captación, por lo general, en un plazo menor a un año.
- El acceso a la tecnología eólica es múltiple y sin condiciones, a diferencia de la nuclear y otras. El tiempo, desde el desarrollo de un proyecto hasta la llegada al mercado, es corto. Es posible levantar una granja eólica en un año. En el caso de la energía nuclear se requieren décadas.
- Los ciclos de renovación son de fácil incorporación a medida que maduran el conocimiento y las tecnologías.
- El viento es una tecnología en desarrollo que permite prever bajas de costos a medida que se masifica.
- El viento es una fuente energética descentralizada, que permite que pequeñas organizaciones, grupos o individuos generen electricidad para su consumo o su venta al mercado con ganancias. Conforman un esquema totalmente diferente respecto de la exclusiva estructura de la energía nuclear, el petróleo o el gas.
- Las distancias, desde los lugares con buenos vientos hasta las líneas de transmisión, suelen ser cortas.
- La instalación de parques eólicos no implica el desplazamiento de poblaciones, tal como ocurre con las represas o con la modificación del curso de ríos como lo exigen incluso algunas centrales de pasada. La tendencia más reciente es instalar los parques mar afuera (*offshore*), donde las profundidades lo permiten. La velocidad de los vientos sobre los océanos es el doble que sobre la tierra.
- La energía eólica tiene una serie de beneficios para los inversores, puesto que garantiza ingresos para los agricultores o propietarios de tierras donde se instalan los aerogeneradores, crea infraestructura en áreas remotas y oportunidades de inversiones rentables para comunidades y personas locales. A la vez,

- crea ahorros, evitando importaciones de insumos como el petróleo o el gas. Del mismo modo, fortalece las regiones donde genera empleos, contribuye a la descentralización y les brinda mayor autonomía.
- Tantas virtudes despiertan sospechas. Sin duda debe existir un lado oscuro de esta tecnología. Lo hay: el más importante es la contaminación visual. En paisajes costeros atractivos o en cumbres de cerros, las altas torres quiebran la armonía del panorama. Esto se resuelve colocándolos mar afuera o en sitios sin valor turístico. Se señala que son ruidosos. En efecto, las primeras generaciones de molinos con pequeños rotores lo eran, sin embargo las últimas versiones son bastante silenciosas. Es recomendable, en todo caso, mantener una distancia de un kilómetro de algún aerogenerador para no escuchar nada en la tranquilidad de la noche. Finalmente, se les imputa ocasionar la muerte de aves que circundan la zona. Estudios acuciosos realizados en varios puntos en la isla de Gotland, Suecia, y en diversos puntos en Dinamarca, desmienten estos temores.

En la última década, la industria eólica ha tenido una expansión promedio de 30% anual medida en megavatios (MW). Desde su despegue, en 1980, tardó seis años, hasta 1985, para alcanzar los mil megavatios. Otros seis años, 1985-1991, para doblar su capacidad. A partir de 1998, ha duplicado su potencial cada dos años. Las perspectivas son tan prometedoras como en el pasado. Tan solo en 2008, se apreció un crecimiento del 20%, llegando a alcanzar los 121 gigavatios (GW).

Los chinos, como en otros campos, tienen planes de magnitudes apabullantes. Beijing ha anunciado que construirá siete parques eólicos con una capacidad de 10 gigavatios cada uno para el año 2020. Shi Pengfei, vicepresidente de la Asociación China de Energía Eólica, aseguró que su país tendrá para esa fecha una aerogeneración de 120 GW, iniciativa que requerirá una inversión de 143 mil millones de dólares. Shi explicó que la construcción de parques eólicos a gran escala es coherente «con un desarrollo industrial sano».

Londres, por su parte, construirá millares de molinos de vientos. El proyecto, que costará unos 120 mil millones de dólares debe

asegurar una producción de 33 gigavatios, lo que equivale casi a tres veces la producción anual de Chile. Con esta iniciativa, mediante 6.500 enormes aerogeneradores, los británicos esperan satisfacer el 25% de su demanda eléctrica para el año 2020.

El Reino Unido ha visto una continua declinación de la producción de gas y petróleo proveniente del Mar del Norte. Ello ha abierto un debate sobre qué fuente energética ha de reemplazar a los combustibles fósiles. Como en muchos países, se han enfrentado la energía eólica y la nuclear. En todo caso, no son excluyentes pues, de todas formas, Inglaterra considera la construcción de nuevas centrales nucleoelectricas. Pero, con el reciente anuncio de concesiones para construir los parques eólicos, el acento se desplaza hacia los aerogeneradores. En las palabras del Primer Ministro Gordon Brown: «La industria eólica está en el centro del cambio británico hacia una la economía de bajas emisiones de carbono».

La gran novedad de los nuevos parques eólicos es que todos estarán mar afuera. Más aún, estarán situados en mares profundos lo que entraña enormes desafíos técnicos. La gran ventaja de ubicar fuera de la vista los aerogeneradores, que miden entre 130 y 170 metros de altura, es que disminuye el debate sobre su impacto ambiental. Uno de los problemas para los proyectos energéticos, en las sociedades democráticas y participativas, es obtener los permisos. En muchos casos las comunidades locales, por una diversidad de razones atendibles, cuestionan la construcción de plantas en su región. Con los millares de torres, ubicadas a kilómetros mar adentro, las nueve empresas ganadoras de las concesiones deberían conseguir sin dificultades la luz verde para iniciar las instalaciones.

El paisaje andino exhibe cientos de majestuosos volcanes. Bajo ellos están las rocas calientes que hacen hervir las aguas. El empleo de las fuentes geotérmicas es antiguo. Los romanos hacían marchar a sus legiones muchos kilómetros y de tanto andar apreciaban, de manera especial, las aguas termales. Allí donde llegaban construían sus famosos baños. Pero recién en 1904, en Italia, por primera vez se utilizó la energía geotermal para encender una ampollita. Desde entonces, 24 países la han incorporado a su matriz. En 2008, un total de diez mil MW de capacidad de energía geotérmica se habían instalado en el mundo, suficiente electricidad como para cubrir las

necesidades de sesenta millones de personas. En 2010, esta capacidad podría aumentar a 13.500 MW instalados en 46 países, lo que equivaldría a 27 centrales eléctricas de carbón.

Otra fuente muy importante es la biomasa. Desde que el hombre utiliza el fuego, la biomasa es su más antigua compañera. A nivel mundial, la biomasa representa algo más del 10% de la energía primaria, lo que la convierte en la más importante de las fuentes renovables. La mitad corresponde al empleo de leña o carbón vegetal, que es utilizado por tres mil millones de personas para cocinar y calentar sus hogares. En Chile, la leña representa casi el 20% del consumo energético.

Producir electricidad a partir de desechos agrícolas es una práctica corriente. Ello mediante los biodigestores, que operan con una mezcla de residuos agrícolas y forestales. En diversos países europeos se construyen biodigestores que, con la ayuda del «purín», como se le llama a la bosta y orina de las reses, se consigue un proceso de fermentación que produce gases que mueven turbinas productoras de electricidad. Estados Unidos lidera el ranking de los productores de electricidad generada a partir de desechos agrícolas con un 30%, le siguen Alemania y Brasil con un 13%, y Finlandia y Japón con un 9% de la producción mundial. El gran debate al respecto, en todo caso, está centrado en los biocombustibles, que presentan dos grandes variantes: el biodiesel y el etanol. El biodiesel se obtiene a partir de aceites vegetales provenientes de cultivos oleaginosos como la maravilla, el raps, la soya, el aceite de palma u otros. El biodiesel se usa como aditivo o sustituto del diésel en mezclas de hasta un 20%, sin que ello implique mayores modificaciones en los motores. Por su parte, el etanol se elabora a base de azúcar o almidón proveniente de la caña de azúcar en Brasil y maíz en Estados Unidos, aunque el azúcar exhibe un mejor rendimiento que el maíz. Al igual que el biodiesel, se utiliza como combustible en forma de aditivo o para reemplazar a la gasolina hasta en un 25%, sin necesidad de modificar los motores.

En todo caso, es necesario tener presente que la primera y más importante manera de obtener el mejor rendimiento energético es aprovechar de la manera más eficaz lo que ya se tiene. Es lo que se denomina la eficiencia energética, que apunta a conseguir lo mismo

pero con menos, lo cual puede lograrse de varias maneras. Una es sacándole el mejor provecho a las fuentes. En los aerogeneradores, por ejemplo, el mismo viento puede rendir más según la calidad de las turbinas y motores empleados. Como la energía debe ser transportada, cabe mejorar, en el caso de la electricidad, las vías de transmisión. Pero el mayor impacto se logra con la colaboración del usuario mediante el empleo de aislantes térmicos en las construcciones, en los sistemas de iluminación, y con aparatos eléctricos y un sistema de climatización más rendidores.

Por cierto, las autoridades nacionales se encargan de recordarnos que Chile está muy bien posicionado en materia de energías renovables. A fin de cuentas, cerca de la mitad de la energía eléctrica generada en el 2009, proviene de las turbinas movidas por el agua. El porcentaje cambia según las lluvias, pero es siempre una contribución mayor. Ella está en vías de crecer gracias a las centrales de pasada en canales y cauces menores.

Creo que en el caso chileno en los últimos años se han hecho progresos que han permitido pasar de 2 MW a 200 producidos por aerogeneradores. Algo se ha avanzado en la eficiencia energética. Pero ello, después de décadas de desidia, décadas en que no se hizo casi nada. Finalmente, nos hemos puesto en movimiento, aunque con un lamentable atraso.

Chile, junto al viento, tiene condiciones extraordinarias desde el punto de vista de la radiación solar. A ello se suma un gran potencial geotérmico. Entonces, teniendo todas esas ventajas comparativas, para emplear la jerga de los economistas, cabe preguntarnos las razones de nuestra dependencia del petróleo y el gas. Por qué se recurre al carbón que es altamente contaminante. Tampoco es claro cuáles serían las ventajas de la energía nuclear en un país altamente sísmico. Es especial, luego de las desastrosas experiencias japonesas en el terremoto sufrido en el 2007.

Quiero concluir agradeciendo a esta casa de estudios por permitirme participar en este tan necesario debate. Que las nuevas energías renovables y limpias iluminen las decisiones de nuestro futuro.

## 6.

### CALENTAMIENTO GLOBAL Y ELITES: Entre las energías convencionales y las energías alternativas

CRISTIÁN PARKER G.<sup>1</sup>

#### INTRODUCCIÓN

El calentamiento global y su impacto en el cambio climático es un hecho y, sin embargo, hay todavía una gran controversia respecto a su profundidad, sus impactos y las medidas que deben adoptarse en relación a la adaptación a ese cambio y a la mitigación de sus consecuencias negativas en los ecosistemas planetarios y en la humanidad en un futuro cercano.

<sup>1</sup> Dr. en Sociología, Instituto de Estudios Avanzados, Universidad de Santiago de Chile. El presente capítulo es fruto del proyecto FONDECYT N° 1090797.

La controversia en relación al cambio climático (CC) surge precisamente porque, de acuerdo a la ciencia que lo estudia, hay un altísimo grado de convicción acerca de que este es provocado por el hombre. Más precisamente, se afirma que, en una gran medida, el cambio es resultado del fenómeno que producen los gases de efecto invernadero en la atmósfera y especialmente las emisiones de CO<sub>2</sub>, producto de la quema de combustibles fósiles. En otras palabras, desde la revolución industrial en adelante, la temperatura de la tierra ha venido elevándose lentamente y en una proporción mayor que la esperada por causas naturales, lo que lleva a la conclusión de que el modo de producción industrial, basado en las fuentes de energías fósiles es la principal causante del cambio global. Ciertamente, los principales afectados por esta explicación son las grandes compañías multinacionales y empresas nacionales productoras de combustibles fósiles y los principales productores de bienes de consumo que emplean tales energías, como los automóviles. Como veremos, las elites son piezas claves en las decisiones acerca de las explicaciones del CC y también, por cierto, acerca del conjunto de medidas de adaptación y/o mitigación.

El CC a nivel global está comenzando a generar consecuencias insospechadas que afectan la vida en la tierra, produciendo intensas tormentas en algunas regiones y sequías y desertificación en otras, afectando a la agricultura, a la salud, a los recursos hídricos y costas. Ahora bien, si este CC es un fenómeno global y está impactando a todos los continentes, está afectando, y afectará aún más en el futuro, también a Chile y a América Latina entera. Frente a este fenómeno tan decisivo y tan estrechamente ligado a las alternativas energéticas ¿cómo están respondiendo las elites empresariales y políticas locales a dicho desafío? ¿Qué sucede en nuestro país con las elites dirigentes en sus representaciones colectivas relativas al CC y sus consecuencias? ¿Cuáles son las medidas relativas a las alternativas energéticas que se están barajando en relación a estos desafíos?

Estas interrogantes nos llevan a plantearnos la necesidad de delimitar conceptualmente nuestro objeto de estudio. Tratándose del medioambiente, y tal como ha reconocido la sociología del medioambiente, estamos frente una temática que se ubica en la intersección de las ciencias de la tierra, las ciencias biológicas y las

ciencias sociales. Sabemos que la interrelación entre tecnología, clima y sociedad es de una muy alta complejidad. Con todo, nuestro enfoque será principalmente desde la sociología del conocimiento, esto es, no está basada principalmente en conceptos de sociología ambiental aún cuando debemos asumir el carácter inter y multidisciplinaria como lo requiere, por lo demás, la complejidad de la temática ambiental.

## 1. SOBRE EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EL DEBATE

Ya desde el siglo XIX, algunos científicos hablaban de los gases de efecto invernadero, pero el fenómeno del calentamiento global solo se vino a tomar como una prioridad hacia fines de la década de los ochenta cuando se formó el Panel Intergubernamental sobre CC (IPCC por sus siglas en inglés). Desde esa fecha, se viene produciendo conocimiento de manera científica en torno al CC. En su cuarto informe, esta entidad internacional que agrupa a miles de científicos del mundo confirma, con un alto grado de certeza (sobre un 90%), que la humanidad es la causante del aumento de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso y, que ello, unido a un aumento de la temperatura promedio mundial de 0.74°C entre 1906 y 2005, ha tenido una repercusión en los cambios físicos y biológicos observados desde los años 70 en el planeta.

En efecto, el CC está impactando de manera inusitada el planeta, la biodiversidad y los ecosistemas, y afectando la salud, la agricultura, al agua y las costas, influyendo, de manera a veces decisiva, en poblaciones enteras por causa de las tormentas y las sequías. El mencionado IPCC fundado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha producido una serie de informes de evaluación (en 1990, 1995, 2001 y en 2007), analizando información científica y evaluando consecuencias medioambientales y socioeconómicas. Por sus valiosos aportes a la ciencia del CC, este grupo, en conjunto con el

esfuerzo de Al Gore con su libro «Una Verdad Incómoda» (2006) ganaron el Nóbel de la Paz en 2007.

La preocupación de la comunidad internacional se refleja también en el Informe del PNUD de 2007 que está dedicado a la temática: «Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido». En este informe se hace un detallado y amplio análisis de las consecuencias sociales y económicas del cambio climático, estableciendo la relación entre cambio climático y desarrollo humano, analizando el riesgo y la vulnerabilidad en un mundo desigual y generando un conjunto de propuestas para contribuir a mitigar el impacto de estos cambios, e insta a adoptar medidas de cooperación para adaptarse a estas nuevas situaciones.

En general, uno de los actores importantes en cuestiones medio ambientales han sido los organismos internacionales desde la década del 70. En la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992) se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y sus firmantes se reúnen periódicamente en una «Conferencia de las Partes» (COP). En estos años recientes, la reunión de la ONU sobre el cambio climático de Bali 2007 (COP 13) abrió el camino (vía Poznan 2008, COP 14) hacia Copenhague 2009 (COP 15), donde se tenía que negociar la continuación del Protocolo de Kioto, firmado en 1997, que vence en 2012. Tras el fracaso de la Cumbre del Clima en Copenhague, la última oportunidad para lograr un acuerdo se ha fijado para la próxima cumbre de Cancún en México (COP 16) a realizarse a fines de noviembre y comienzos de diciembre del año 2010.

Desde el punto de vista de la producción del conocimiento científico hay que decir que se ha generado una red social e intelectual de científicos y centros de investigación a nivel internacional, con apoyo de algunos gobiernos, que han generado un claro consenso en cuanto a las conclusiones del IPCC, en el sentido de que el cambio climático es antropogénico. Pero tal conclusión resulta incómoda, tanto para los países altamente industrializados (EE.UU., Europa y Japón), las nuevas potencias emergentes (como China, India, Brasil) así como para las industrias multinacionales ligadas a la producción y consumo de energía derivada del carbono, como las

empresas multinacionales del petróleo y del automóvil. Si se asume que los cambios en el clima son consecuencia de años de contaminación derivada de la producción que genera el modo de funcionamiento industrial, con el empleo de sus patrones de energía convencionales, entonces serán los países altamente industrializados los que deben «pagar la deuda» por la llamada huella de carbono.

Se ha generado, pues, una lucha por la legitimidad de este conocimiento científico del CC. A pesar de la claridad de las conclusiones del conocimiento científico, el tema resulta polémico, por cuanto se han generado redes y centros de producción de conocimiento disidentes que buscan deslegitimar los análisis de los científicos mencionados y tienden a cuestionar la necesidad de tomar medidas de reducción de la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI). Las principales críticas se basan en conclusiones que también alegan una base científica y tienen que ver con la tesis de que el cambio climático obedecería a ciclos naturales y no a causas antropógenas; de lo que se deduce que las consecuencias a futuro no serían tan acentuadas. Pero también el discurso disidente se alimenta de una actitud pesimista que se declara impotente frente a estos cambios advinientes o que establece, sobre base de complejos cálculos económicos, que el costo de aplicar medidas de mitigación sería mayor que los beneficios obtenidos. Muchas de estas redes de conocimiento disidente son apoyados directa o indirectamente por los grandes consorcios o grupos de interés ligados a la economía del carbono.

Como se sabe, la comunidad internacional y los principales gobiernos del planeta han comenzado a tomar medidas —aún cuanto todavía insuficientes— que implican cambios sustanciales en variados aspectos de la economía (patrones de inversión sustentables, cambio en pautas de consumo y transporte, medidas de reducción de emisión de contaminantes, etc.). Incluso muchos gobiernos han tomado ya medidas, incluyendo políticas y normativas, para adoptar y aplicar políticas de respuesta al CC, y muchos han tomado parte activa en las iniciativas internacionales que hemos mencionado anteriormente, incluyendo la firma y ratificación (salvo EE.UU. y otros tres) del Protocolo de Kioto de 1997. Pero, como sabemos, la cumbre de Copenhague (COP 15), a pesar de que esta vez el gobierno de Obama estaba en una actitud más favorable, ha tenido resultados muy limitados.

La reducción de la emisión de los GEI supone una gran cantidad de cambios en los modos de producción, servicios y transportes. Cambios que significan grandes inversiones y cuyos costos las empresas y gobiernos no siempre están dispuestos a soportar.

En mayo de 2001, dieciséis prestigiosas academias de ciencias del mundo defendían las conclusiones científicas del IPCC indicando que, a pesar de lo difícil de predecir en un sistema complejo como el clima mundial, apoyaban «con al menos un 90% de certeza que las temperaturas continuarían subiendo». Previamente, en mayo de 2000, en Tokio, unas 63 academias de ciencias de todas partes del mundo habían reconocido la preocupación creciente por el cambio climático e instado a avanzar hacia un desarrollo sustentable (Academias de Ciencias del Mundo, 2000).

Las academias de ciencias afirman que «es ahora evidente que las actividades humanas están contribuyendo adversamente al cambio climático global. Los negocios, tal como se hacen habitualmente, ya no son una opción viable» (Academias de Ciencias). En síntesis, este tipo de discurso científico tiende a desafiar a las empresas y a los gobiernos, y las elites en el poder no siempre están dispuestas a escuchar esos análisis para evitar tomar medidas que pueden ser muy económicamente costosas o impopulares en el corto plazo.

La polémica involucra las luchas de poder al interior de las elites gobernantes de tal forma que mientras hay grupos de interés que apoyan el discurso científico del cc, otros procuran interferir en la difusión de sus conclusiones. De hecho, la investigación científica sobre el clima en la mayoría de los países goza de libertad académica, pero investigaciones independientes han concluido que, para el caso de los EE.UU. varias agencias gubernamentales han interferido, no con las conclusiones de los científicos sino con la difusión al grueso público, la cobertura en medios de comunicación e incluso los informes hacia el Congreso, censurando parcialmente análisis y conclusiones, o disminuyendo el carácter imperativo de los impactos del cambio climático (Maaserrani, 2007).

A propósito de la aprobación del informe del IPCC, varios gobiernos —incluyendo a China, Rusia y Arabia Saudita—, según acusaron algunos científicos, intentaron diluir las conclusiones que se referían a que el cambio climático estaba ya en marcha y estaba

dañando la naturaleza. En una conferencia anterior, en París, según consigna la prensa, los gobiernos de China, Arabia Saudita y Estados Unidos lograron eliminar todas las menciones a las reacciones en cadena que se piensa pueden producirse, tales como la liberación del metano congelado en el fondo del mar.

En el conocido informe *Una Verdad Incómoda*, Al Gore (2006) declara que, desde 1989, varios representantes en el Congreso norteamericano han puesto el tema del cc pero no ha sido suficiente para un cambio de actitud de los congresistas. En su reciente libro *Our Choice* (2009) Al Gore propone un conjunto de sugerencias para solucionar la urgente crisis climática. Reclama acerca de las campañas de organizaciones que han minimizado el tema del cc o han difundido la sensación de que es un tema «no verificado». Discursos conservadores se oponen a tratar el problema del cc, aludiendo que es una forma encubierta de generar cambios; se desprestigia al discurso científico como medio de desorientar a las elites empresariales y cívicas.

En general, la consecuencia de esta lucha por los discursos sobre el cc es que las elites en el poder parecen tener acceso a la información acerca de la situación del cc, pero ello no va acompañado de una voluntad real de impulsar los cambios.

## 2. NUEVAS ELITES Y EL MEDIO AMBIENTE EN AMÉRICA LATINA Y CHILE

El reciente derrame de petróleo de BP en el Golfo de México, uno de los fenómenos de contaminación más graves que se conocen a la fecha, ha vuelto a poner una vez más en la opinión pública mundial los vínculos problemáticos que existen entre intereses de las multinacionales de la energía y riesgos medioambientales. Este caso ha mostrado que existe entre los intereses empresariales institucionales, y el Estado y la sociedad, la intermediación de un grupo muy importante: las elites.

La creciente relación entre el campo político y los mercados (en base a las transformaciones económicas sufridas en Latinoamérica y

el mundo), ha generado una reestructuración de las elites económicas y políticas que giran en torno al ejercicio del poder en el Estado. Actualmente, el funcionamiento del aparato estatal se basa en nuevas formas de relación a nivel de las elites, entendidas estas como aquellos grupos que «tienen el mando de las jerarquías y organizaciones más importantes de la sociedad moderna: gobiernan las grandes empresas, gobiernan la maquinaria del Estado y exigen prerrogativas, dirigen la organización militar, ocupan los puestos de mando de la estructura social...» (Wright Mills, 1957: 12).

Para Van Dijk (2003) el poder de la elite puede definirse en términos del tipo o la cantidad del control que las elites ejercen sobre las acciones y la mente de otros. A pesar de que este control pueda ser implícito, se suele implementar explícitamente, bien sea mediante decisiones, uso de cierto tipo de actos de habla y géneros de discurso (por ejemplo, órdenes, dictámenes, consejo, análisis y demás formas de discurso público), y otras formas de acción que influya directa o indirectamente sobre las acciones de los demás.

Este control redundante, en general, en beneficio de las propias elites o, cuando menos, de forma que sea coherente con las preferencias de las elites. Según Van Dijk, las corporaciones de negocios ocupan un destacado lugar en los estudios sobre las elites, tanto si se trata de propietarios como de directivos, las elites corporativas van teniendo cada vez un mayor poder económico y financiero, que se manifiesta en el ámbito político, social y cultural.

Los modelos de desarrollo dependientes históricamente, basados en la explotación de los recursos naturales o en la industrialización sustitutiva en América Latina, fueron puestos en práctica por grupos de la elite que dominaron al Estado. En la literatura académica latinoamericana hay una aproximación hacia las elites bajo dos ópticas: 1) como el obstáculo principal hacia la justicia social y el empleo sustentable de los recursos, o bien, 2) como una parte (necesaria) de la solución.

Los estudios de Lipset y Solari (1967) colocaron a las elites en el centro de las preguntas acerca del desarrollo y se desencadenó una serie de estudios acerca de su rol en dicho desarrollo. Las transiciones democráticas y el giro neo-liberal de los años 1980 y 90 trajeron nuevos estudios que vieron a las elites políticas, tecnócratas

y comerciales como los agentes de cambio del orden establecido (O'Donnell et al., 1986).

Con todo, las elites cambian y esos cambios tienen incidencia en la elaboración de política pública y en la gobernabilidad de las sociedades (Reis, 2005).

Está claro que en las últimas décadas ha habido profundos cambios en América Latina y Chile, lo que ha transformado a las elites. Las viejas elites que han tenido que ver tradicionalmente con la oligarquía terrateniente surgen a partir del siglo diecinueve. A mediados del siglo veinte las políticas de industrialización generaron nuevas elites económicas y políticas que desafiaron a la oligarquía. Las políticas neo-liberales de los años 1980 y 90 trajeron, otra vez, nuevos grupos al poder económico y político. Grupos cuyo poder va más allá del mundo económico (Tironi, 1999), poseen una visión de país y de sí mismos y cuentan con interrelaciones en diversas esferas de la sociedad.

Estas nuevas elites empresariales muestran cierta sensibilidad hacia el medio ambiente, más por motivos de competitividad de las exportaciones a países desarrollados que otra cosa, pero sus políticas hacia el medio ambiente suelen centrarse en el libre mercado, la defensa de la iniciativa privada y la propiedad y la no intervención estatal (Estenssoro, 2008, 188 ss). Esta última década, el tema de la «responsabilidad social empresarial» ha incluido también las preocupaciones por el medio ambiente.

Estas nuevas elites empresariales y políticas que están actualmente en el poder en algunos países latinoamericanos han prometido innovar en políticas medioambientales, pero no se han producido cambios fundamentales en el modo de producción y en avanzar hacia una economía «sustentable y verde», salvo una legislación de impacto ambiental y ciertas reglamentaciones a la inversión en términos regulatorios. Se trata por tanto de una pregunta con respuestas todavía pendientes: ¿hasta qué punto las nuevas elites, que constituyen actores estratégicos de las políticas y modelos de desarrollo implementadas luego de la crisis del 2009, están de veras imbuidas de una conciencia del CC, y sus alternativas energéticas apuntan a una reducción real de los GEI y hacia formas energéticas y productivas con menos huellas de carbono?

### 3. CENTRALIDAD DEL TEMA ENERGÉTICO PARA ENFRENTAR EL CC

Dado que el principal efecto en la generación de GEI proviene de la emisión de la quema de combustibles fósiles, el tema energético resulta vital. Existen buenas razones para buscar disminuir o eliminar la cantidad de combustibles fósiles que se emplean hoy. El mejor argumento es que no es sabio jugar con un elemento tan incierto y complejo como el clima de planeta Tierra, más todavía cuando no se sabe a ciencia cierta acerca de las consecuencias de los cambios climáticos a futuro; pero todavía no existen consensos adecuados acerca de la necesidad de asumir los enormes costos que implica cambiar todo el armazón de la economía industrial contemporánea basada en los combustibles fósiles.

A pesar de que la recesión del año 2008-2009 por primera vez ha bajado el consumo de petróleo en el mundo (en un 2,2%), los combustibles fósiles siguen siendo las principales fuentes de energía a nivel mundial, con un 77% del aumento de la demanda entre el año 2007 y el año 2030. De acuerdo a las estimaciones de la Agencia Internacional de Energía, la demanda de carbón crecerá entre el año 2007 y el año 2030 en un 53% y la demanda de gas natural crecerá en un 42%. Dado que la demanda global de electricidad crecerá en un 76% entre 2007 y 2030, se estima que esa demanda será principalmente satisfecha por la quema de combustibles fósiles.

Sin un cambio de política energética, el mundo está encaminado hacia el aumento de la temperatura global hasta 6°C, con consecuencias catastróficas para nuestro clima. Para evitar la mayoría del mal clima y el incremento del nivel del mar y limitar el aumento de la temperatura hasta los 2°C, la concentración de GEI debiera estabilizarse en alrededor de 450 ppm de CO<sub>2</sub>-equivalente (IEA, 2009).

El Organismo Internacional de la Energía predice que el constante aumento del consumo mundial de combustibles fósiles sigue un curso establecido que incrementará las emisiones de GEI y las temperaturas mundiales, lo que resultará potencialmente en un catastrófico e irreversible cc. Sin cambios en las políticas de desarrollo, se estima que el aumento previsto de las emisiones nos pone en un

curso de eventos que duplicará la concentración de los GEI en la atmósfera en alrededor de 1.000 ppm de CO<sub>2</sub> hacia fines del siglo XXI, lo que implicaría un eventual incremento mundial de la temperatura media de hasta 6°C.

Por esas razones, el economista jefe de la Agencia Internacional de Energía ha declarado en noviembre de 2009 en Roma que: «El asumir el cambio climático y el elevar la seguridad energética requiere de una masiva descarbonización del sistema energético. Limitar las temperaturas a una elevación de 2°C requiere de una enorme reducción de emisiones en todas las regiones» (Biol, 2009).

Las naciones del planeta se encuentran, pues, ante una encrucijada, ya que se requiere un notable incremento del uso de la energía para satisfacer las demandas crecientes de poblaciones en vías de desarrollo y, más todavía, en países de industrialización emergentes como China e India que son los más poblados del mundo. Pero, por ahora, el costo, la complejidad y la inexistencia de voluntad política dejan en un lugar secundario soluciones con empleo de energías renovables no convencionales y no contaminantes y privilegia energías que provienen del uso y consumo del carbón. Actualmente, el empleo de energía está concentrado en combustibles derivados del petróleo (34,8%), carbón (29,4%) y gas natural (23,8%). Siendo las energías renovables no hidroeléctricas, ni nucleares, todavía marginales.

A nivel mundial, la principal receta de los gobiernos es promover la eficiencia energética como compromiso de todos. India, China y los EE.UU. fueron los países que más reticentes se mostraron en el pasado para alcanzar el acuerdo de reducir sustancialmente el CO<sub>2</sub> expulsado a la atmósfera, por temor a que un compromiso en este sentido limitara su crecimiento económico. Cuando los efectos del calentamiento global se dejan sentir con fuerza en varias partes del planeta y también en los países de mayor emisión, el impacto en el suministro de energía es manifiesto. Aún así, los acuerdos que no se alcanzaron en Copenhague están motivados, en buena medida, por la cautela de los gobiernos de no tomar medidas que pudiesen restringir las oportunidades al crecimiento económico. Muchos países menos desarrollados, o los que están en rápido desarrollo, no quieren asumir la responsabilidad que, a su vez, le endosan a las grandes potencias por haber sido históricamente las principales

emisoras de carbono. En cualquier caso, la toma de amplias medidas conducentes a la eficiencia energética no resuelve todos los problemas y queda pendiente el incremento de la vulnerabilidad y la pobreza a nivel mundial, y la responsabilidad de salvaguardar vidas en desastres naturales y en garantizar la seguridad de los ciudadanos a largo plazo.

#### 4. ELITES, CALENTAMIENTO GLOBAL Y ENERGÍA EN CHILE: DATOS Y ELEMENTOS DE INTERPRETACIÓN

El problema medioambiental en general es materia de preocupación desde hace ya varios años en el país. El deterioro ambiental era aceptado como un mal necesario pero a mediados de los 80 los problemas ambientales se agudizaron y se estimó que el Estado debía desempeñar un rol más activo, llegando en el año 1994 a la formulación de la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente. Este cuerpo legal general establece una institucionalidad y fija normas para calidad, gestión, evaluación y regulación, a fin de que ninguna actividad legítima pueda desarrollarse a costa del medio ambiente.

A pesar de la mayor sensibilidad hacia el medio ambiente y del hecho de que durante las últimas dos décadas ha crecido la conciencia ambiental y ecológica, manifestándose en todos los espectros ideológicos (ver Estenssoro, 2008), y a pesar de la simpatía creciente de los movimientos ambientalistas y ecológicos, el discurso oficial acerca del cc es restringido y da una importancia secundaria a los desafíos derivados del calentamiento global.

En su Informe sobre el cc en Chile del Consejo de Desarrollo Sustentable, Consejo Asesor Presidencial, plantea en el 2008 que debe asumirse el desafío. El informe propone medidas de mitigación: como actualización de inventario de misiones; programa de eficiencia energética a nivel país; política territorial; uso eficiente de aguas; programas sanitarios; forestación y reforestación; sistemas de alerta temprana para la sequía y heladas; cuidado de la biodiversidad.

En cuanto a adaptación se propone enfrentar el tema de los recursos hídricos; proteger los glaciares; desalinizar el agua de mar; protección de ecosistemas; promover la eficiencia energética y diversificar su matriz; definir una política que enfrente cambios en sector silvoagropecuario, pesqueros y acuícolas; redefinir planificación urbana, y estudios y prevención de patologías asociadas al Cambio Climático.

En suma, en relación a su propuesta energética pone el énfasis en la búsqueda de la eficiencia energética y la diversificación de su matriz. En torno a estas líneas de trabajo se proponen seis objetivos, siendo la diversificación energética uno de ellos. En este último, se incluye impulsar «decididamente los sistemas de energías renovables no convencionales (ERNc), tales como las energías solar, eólica, mareomotriz, biomasa y geotérmica».

Pero todas estas medidas apuntan a objetivos estratégicos encabezados por la necesidad del país de: primero, generar mayor energía para atender las necesidades del desarrollo y, segundo, generar una mayor autonomía en su matriz energética. Es decir, el objetivo de contribuir a afrontar la tarea que demanda el cc reduciendo emisiones de carbono es secundario y se diluye en un conjunto de otras prioridades.

Pero este es solo un consejo asesor. Los que fijan las políticas energéticas residen en los ministerios y en especial en la Comisión Nacional de Energía. La visión estratégica que propone esta Comisión en su informe de 2008 privilegia el objetivo de abastecer de energía a las necesidades del crecimiento, incentivando inversiones y asegurando competitividad. Las líneas estratégicas mencionan la eficiencia energética, la matriz de oferta energética de largo plazo, las externalidades ambientales, los impactos sociales y el desarrollo tecnológico (en particular aquel que permite el aprovechamiento de nuestros abundantes recursos naturales).

El informe está consciente de los impactos ambientales y promueve también las energías renovables, pero anota —privilegiando los mecanismos del mercado en la selección de alternativas— que existen un conjunto de barreras que afectan la inversión en este tipo de energías, dificultando su capacidad de competir en igualdad de condiciones en los mercados y demorando su incorporación.

La ubicación de Chile en la geografía internacional y su posición como país periférico del sistema económico mundial es tomada en cuenta —de forma implícita— por los discursos de las elites políticas y técnicas que han producido estos informes, de tal manera que se justifican, así, opciones que no privilegian el empleo de energías renovables no convencionales. Tal es así, que se reconoce que, desde la perspectiva de las emisiones, el impacto total de Chile en el mundo es marginal (cerca del 0,3% de las emisiones mundiales totales), pero a renglón seguido se destaca que se proyecta que dado el incremento en las centrales basadas en carbón al año 2050, las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector electricidad (que aporta cerca de un 30% del total de las emisiones globales) se incrementarán en Chile en un 130%. Con todo, se afirma que Chile debe contribuir al esfuerzo mundial relativo al CC «pero tomando en cuenta su aporte relativo al problema». Es decir, se declara la preocupación que las medidas relativas a la reducción de CO<sub>2</sub> y otras para enfrentar el CC y su grave consecuencia en el calentamiento global, como restricciones al comercio o impuestos al carbono, «pueden afectar la competitividad de la economía» y, por esa vía, a nuestro desarrollo económico.

El discurso oficial llama a considerar que, en el mundo, las tecnologías renovables no convencionales tienen una participación promedio del orden del 5% de la capacidad instalada, mientras que en Chile en el año 2007 se llegaba solo al 2,7%. Se afirma que existe un espacio de crecimiento para estas formas de generación de energía pero, en realidad, se concluye que este crecimiento será marginal en el futuro.

Esta tendencia del discurso de las elites oficiales —agentes gubernamentales, elites político-técnicas— que generan política pública que siendo consciente del problema del CC no lo prioriza como un problema central y lo subordina al crecimiento económico, contrasta con la mayor conciencia que existe del problema en la población en general.

En Chile, los problemas derivados de la contaminación ambiental han sido los más abordados por los medios de comunicación y las encuestas de opinión, no así el cambio climático que solo ha atraído la atención en los años más recientes.

Existen encuestas sobre conciencia ciudadana y contaminación atmosférica (Nicod e Iizuka 2000) pero no existen datos de encuestas acerca del cambio climático, salvo la del Instituto de Ecología Política realizado en cinco comunas de Santiago (Enero de 2008) que establece que una mayoría de los santiaguinos, el 97%, reconoce la importancia del problema, el 94% está al tanto de que sus efectos son «graves» y el 97% pide «medidas urgentes» para afrontar sus consecuencias. Sin embargo, poco hacen en sus hogares y en sus hábitos cotidianos para mitigar sus consecuencias, por ejemplo, el 32,9% usa su automóvil como medio de transporte, el 30% buses y apenas 1,4% la bicicleta.

Pero, en términos efectivos, la preocupación por el cambio climático parece estar relacionada con la percepción de cercanía (o lejanía) de riesgo y vulnerabilidad. El Informe del PNUD (2007) afirma que en encuestas en países desarrollados, entre el ranking de temas que inquietan a la población, el cambio climático ocupa el 13% relativo al impacto en las propias familias, en tanto que 50% piensa que afectará a personas de otros países. La mayoría de la gente sigue percibiendo al cambio climático como un riesgo moderado y distante que afectará en primer lugar a personas y lugares muy alejados en el espacio y el tiempo. El informe concluye que: «las pruebas que emanan de las encuestas de opinión son preocupantes en varios niveles. En primer lugar, plantean interrogantes sobre cuánto entienden los habitantes de los países desarrollados sobre las consecuencias de sus propias acciones».

En consideración a lo planteado es importante evaluar el impacto. En este sentido el *impacto* del cambio climático es generalmente indirecto y en el largo plazo; solo en situaciones vinculadas a catástrofes climáticas y similares este impacto es directo. En Chile se comienzan a observar afectos directos como el derretimiento de glaciares pero no de tipo catastrófico, salvo efectos indirectos que afectan la economía mundial (escasez de alimentos, precio de combustibles, etc.).

Los resultados de una investigación FONDECYT sobre orientaciones hacia la ciencia y la tecnología en estudiantes universitarios indican un cambio en las representaciones colectivas hacia la naturaleza. El acelerado desarrollo de la ciencia y tecnología, más allá de

sus formidables adelantos, que ha gatillado problemas ecológicos, (Gil-Pérez, Vilches, González, 2002) repercute en los estudiantes universitarios. Frente a la pregunta los seres humanos deben: ¿dominar o coexistir con la naturaleza? un 86% de ellos es favorable a coexistir en armonía con la naturaleza, dejando atrás la premisa ilustrada de que el progreso es el resultado de la mejor explotación (vía tecnologías) de la naturaleza (Parker, 2008).

En relación al CC y al calentamiento global, en el año 2008 hicimos una encuesta a estudiantes (secundarios y universitarios) representativa de cinco regiones del país, y un 87% de ellos afirman que el calentamiento global es provocado por los gases de efectos invernadero y que ellos se incrementan con la quema de combustibles fósiles.

Un 75% de los chilenos encuestados por el WVE (*World Value Survey*) en 2006 cree que el calentamiento global es un problema «muy serio»; otro 22% lo considera algo serio. En esto, los chilenos no se diferencian mayormente de una tendencia general entre los latinoamericanos: siendo los argentinos los que tienen mayor preocupación (84%), los mexicanos y uruguayos un poco menor (69%) y los brasileños aún menor (61%). Lo curioso es que contrasta con países como Alemania en que sus autoridades y elites han tomado un conjunto de medidas medioambientales desde hace varias décadas y sus ciudadanos solo afirman en un 49% que el problema del calentamiento global es «muy serio».

Por otra parte los ciudadanos chilenos, en una tendencia que también sigue de cerca a los ciudadanos de otros países latinoamericanos, en un 68% dice que prefiere priorizar la protección del medio ambiente por sobre incrementar el crecimiento económico en el país. E incluso un 57% se manifiesta dispuesto a sacrificar parte de su ingreso para apoyar medidas medioambientales.

Frente a estos datos, cabe citar lo que un estudio sobre el incremento de la conciencia pública sobre el calentamiento global en los EE.UU., que afirma: «La conciencia no implica necesariamente la aceptación, aunque las encuestas indican que más de la mitad de los estadounidenses considera al cambio climático como real, sigue habiendo una incertidumbre generalizada en el público acerca del grado en que las actividades humanas están involucradas, y en qué medida las emisiones de CO<sub>2</sub> deben reducirse» (Ross y Warren, 2010).

Sobre las elites empresariales estamos emprendiendo un estudio en profundidad. Como primer paso hacia este grupo social y sus representaciones sobre el CC y el calentamiento global, realizamos una encuesta preliminar a los asistentes al Seminario *Energía y Medio Ambiente: una ecuación difícil para América Latina* realizado por el Instituto de Estudios Avanzados en octubre de 2009. Contestaron la encuesta 70 personas, 19 empresarios (principalmente PYMES), 16 consultores, 16 estudiantes, 13 académicos y 13 empleados públicos. La inmensa mayoría ligados a profesiones u ocupaciones que tienen que ver con energía y/o medio ambiente. Es una muestra particularmente sesgada hacia personas que tienen interés en la temática, pero que, por lo mismo, estén en contacto más frecuente con las instituciones y empresas en las cuales se llevan adelante procesos y/o proyectos vinculados con energía, transformándose para efectos metodológicos en una suerte de «informantes calificados» de prácticas empresariales frecuentes.

Un 91% afirma que el calentamiento global es provocado por gases de efecto invernadero, y que es generado primordialmente por la quema de combustibles fósiles. Un 81,4% considera que el problema del calentamiento global es «muy serio».

En cuanto a las opciones prioritarias para el país: un 43% opta por «proteger el medio ambiente»; un 17% opta por «generar crecimiento económico y empleos» y un 27% se inclina por «ambas» alternativas a la vez. Es decir, estamos claramente ante un grupo que tiene mayoritariamente conciencia ambientalista.

En relación a su visión de la reacción del empresariado y de las instituciones con las que se vinculan frente a la crisis del cambio climático, podemos afirmar que hay un porcentaje relevante que afirma que se han tomado medidas (40%), pero un tercio es crítico.

En efecto, se afirma en un 10% que se han aumentado *significativamente* las acciones de sustentabilidad en la empresa; en un 30% se afirma que se han *aumentado* las acciones de sustentabilidad. Sin embargo, otro 30% cree que las acciones *son normales, sin cambio*, mientras que el 3,3% dice que las acciones en pro de la sustentabilidad «han disminuido» y un 26,7% afirma no tener información suficiente para opinar al respecto.

Es decir hay una explicitación de un discurso crítico que marca las insuficiencias con que el empresariado y los altos ejecutivos de las

instituciones estén respondiendo a los desafíos del CC y la sustentabilidad.

Por último, y quizás por lo anterior, hay clara consciencia de que el empresariado debe asumir la temática ambiental. Un 93% afirma que el concepto de «responsabilidad social empresarial» debe considerar el Medio Ambiente.

Estamos frente a un grupo especial: un grupo de elite que podemos caracterizar como «no estratégico», pero que, sin embargo, por su vinculación a profesiones tecnológicas y por su función profesional y de consultores es una elite que hace de intermediario entre las elites estratégicas (sean empresariales o políticas, sean técnico-políticas o gestoras de políticas públicas) y el mundo del conocimiento y de la ciencia (mundo académico, de asistencia técnica o de los centros de investigación e innovación).

De acuerdo a lo planteado por Van Dijk (2003), aunque las elites representen normalmente los rangos superiores de las instituciones u organizaciones, algunas, como los escritores famosos o las estrellas de cine pueden ejercer su influencia mediante recursos de poder, como el prestigio, el respeto y la admiración. En este caso se trata de otro tipo de elites conformada por los científicos y las elites profesionales, generalmente consultores de empresas y del gobierno, que muchas veces se agrupan en *think tanks* o, sencillamente, en pequeñas agencias o empresas de consultorías. Se trata, por cierto, de un grupo de no menor importancia en la construcción social de conocimiento y de los discursos performativos de las elites y en definitiva de la definición de políticas públicas.

En relación a las alternativas energéticas, nuestro grupo elite de consultores-pequeños empresarios y académicos se inclina claramente por medidas que se orientan a reducir la quema de carbono y a buscar alternativas energéticas renovables no convencionales.

Un 60% se inclina «totalmente de acuerdo» por la afirmación «la quema de combustibles fósiles debe ser drásticamente reducida», y un 30% declara estar «de acuerdo». Solo un 7% está en desacuerdo.

En relación a las alternativas energéticas renovables y no convencionales, la preferencia de los encuestados es la energía eólica con un 69,7%, seguida por la energía solar 64,3%, y la energía mareomotriz 43,5%; finalmente, se encuentran las preferencias por la energía

geotérmica con un 36,9%, la biomasa con un 36,2% y, por último, se encuentra la alternativa de energía atómica con un 20%.

En el contexto de una sociedad internacional en transición progresiva —aunque lenta— hacia las tecnologías verdes, las opiniones de las elites profesionales-consultoras que acabamos de reseñar son coincidentes. Efectivamente, la Agencia Internacional de Energía ha llamado la atención recientemente acerca del hecho de que hay una rápida evolución hacia los vehículos eléctricos y las energías solar y eólica. Estamos presenciando una transición hacia las tecnologías bajas en carbón y varios países del G20 están haciendo rápidos progresos en el camino hacia eliminar el subsidio a los combustibles convencionales, lo que hará a las fuentes alternativas de combustibles más atractivas.

## 5. ELITES Y TOMA DE DECISIONES: ACTORES ESTRATÉGICOS

El estudio de las elites debe apuntar a comprender el cambio de orientación que toma en consideración factores del cambio climático y de sus desafíos, junto a la necesidad de generar una voluntad de cambio de modelo que posibilite la sustentabilidad.

Las preguntas acerca del cambio climático, la orientación hacia energías renovables no convencionales, la eficiencia energética y el desarrollo sustentable y la conciencia medioambiental, requieren comprender teóricamente que estamos hablando no solo de representaciones colectivas, en abstracto, sino de modelos de acción colectiva. La cuestión clave reside en la frase «cambio en la toma de decisiones». En efecto, operacionalmente definimos a las elites no solo en términos conceptuales, como lo hemos hecho más arriba, sino que, además, queremos enfatizar un aspecto que sugiere Van Dijk (2003) y que nosotros traducimos como «capacidad preformativa» del discurso medioambiental de las elites.

En una investigación en curso estamos considerando analizar el discurso de elites que estén ubicadas en puestos o cargos en los cuales

tomen decisiones estratégicas: es decir, decisiones de consumo o inversión institucional, empresarial o industrial, o bien en decisiones de leyes y normas regulatorias, evaluaciones y fiscalización (elites empresarias/ elites políticas) que afecten estructuras o procesos de largo plazo, pues es en el largo plazo que se juega la «sustentabilidad» ambiental y las posibilidades de adaptación o mitigación del cambio climático.

Por lo mismo, estamos estructurando nuestra muestra con altos ejecutivos, miembros de directorios y altas autoridades políticas, parlamentarios y autoridades regionales que toman decisiones en inversiones, políticas públicas o legislación de largo plazo. Elites influyentes que tomen decisiones y conozcan el problema medioambiental, aunque sea de manera preliminar.

De acuerdo a estudios exploratorios en la construcción de las representaciones colectivas de estas elites estratégicas, la relación entre alfabetismo de CC y conciencia sustentable no parece estar influida necesariamente por niveles educacionales, ni por opciones religiosas, ni por los medios de comunicación sino por el tipo de intereses que motivan la toma de decisiones. El estudio de estos intereses nos lleva, a su vez, al análisis de los proyectos de las elites: tanto las empresariales como las políticas. Por ello, hablamos de elites entendidas como «actores estratégicos» y su toma de decisiones entendidos como su relación con el consumo responsable. En efecto, cualquier solución de mitigación o adaptación al cambio climático pasa por la revisión de las políticas de consumo y por consiguiente por las políticas de inversión. Cuando se analizan decisiones de consumo (con su contracara el Ahorro/Inversión) estamos penetrando entonces, desde el punto de vista de la sociología del conocimiento, en el factor temporalidad y vulnerabilidad (riesgo) como contexto fundante en la toma de decisiones, pero no solo en ese proceso sino quizás en la configuración misma del propio alfabetismo del CC.

Se intenta averiguar si el diagnóstico contemporáneo sobre el CC es «procesado» —construido socialmente— de tal forma por la elite dirigente. Las interrogantes acerca del papel de los intereses institucionales (de las corporaciones nacionales y multinacionales) y por la relativa autonomía de la conformación de una «voluntad política» de estas elites, posibilitará evaluar la viabilidad para llevar adelante reformas que permitan cimentar un desarrollo sustentable.

## REFLEXIONES FINALES

De cualquier modo, el enfrentar el CC requiere medidas de adaptación y mitigación y un cambio en el modo de producción y consumo hacia la sustentabilidad. Para que se produzcan tales cambios sustanciales, es necesario avanzar en varios ámbitos a la vez: a) Estudios e incremento del conocimiento, y especialmente en la ciencia del CC; b) Innovación en Tecnologías y especialmente en tecnologías eficientes y verdes; c) Cambio en los patrones de Consumo/Inversión en términos económicos y especialmente energéticos; d) Cambios Político-Institucionales acordes con opciones de sustentabilidad; e) y finalmente una nueva visión: que incluya los factores de la conciencia colectiva, y el discurso performativo conformante de una voluntad política clara hacia los cambios. En este último factor, y particularmente en el rol que le cabe en ello a las elites, es en el que se ha centrado este trabajo. Mucho queda todavía por estudiar y conocer acerca de las elites estratégicas y sus representaciones colectivas acerca del CC y la sustentabilidad. Lo que es seguro es que este tema no solo se desenvuelve en el terreno de sus consecuencias hacia la economía del desarrollo: tiene también importantes connotaciones políticas, por cuanto las exigencias de la participación ciudadana y de la conformación de una «gobernanza» sustentable son parte de una compleja fórmula que apunta hacia la superación de los problemas derivados del calentamiento global en el futuro próximo.

## REFERENCIAS

- Academias de Ciencias del Mundo. *Transition to Sustainability in the 21st Century: The Contribution of Science and Technology. A Statement of the World's Scientific Academies*. Tokio, May, 2000. En: <http://interacademies.net/intracad/tokyo2000.nsf>
- Birol, Fatih. *World Energy Outlook 2009*. IEA, Rome, 18 November 2009. En: <http://www.worldenergyoutlook.org/speech.asp>

- Estenssoro, Fernando. *Medio Ambiente e Ideología, la discusión pública en Chile, 1992-2002*. Ariadna-USACH, Santiago, 2009.
- Gil-Pérez, Daniel; Vilches, Amparo; González, Mario. «Otro mundo es posible: de la emergencia planetaria a la sociedad sostenible». *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. 2002, N° 16, pp. 57-81.
- International Energy Agency. *World Energy Outlook 2009 Fact Sheet*. Paris, Francia, 2009. En: [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2009/fact\\_sheets\\_WEO\\_2009.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2009/fact_sheets_WEO_2009.pdf)
- Nicod, Chantal y Iizuka, Michiko. *Conciencia ciudadana y contaminación atmosférica: estado de situación en el área metropolitana de Santiago de Chile*. CEPAL, Santiago, 2000.
- O'Donnell, G.; Schmitter, P. and Whitehead, L. (eds.). *Transitions from Authoritarian Rule*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986.
- Parker, Cristián. «Science and Technology in Undergraduate Students' World-view, Shaped by Globalization: The Chilean Case». *Perspective on Global Development and Tecnology*. 2008, Vol 7, N° 1, pp. 69-90.
- Reis, Elisa P. «Perceptions of poverty and inequality among Brazilian elites». En: Reis, Elisa P. and Moore, Mick (eds.). *Elite Perceptions of Poverty & Inequality*. London and New York, Zed Books, 2005.
- Ross, Robert M. and Allmon, Warren D. «Public Awareness». *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change*. 2008, SAGE Publications, 6 May. En: [http://www.sage-ereference.com/globalwarming/Article\\_n532.html](http://www.sage-ereference.com/globalwarming/Article_n532.html)
- Tironi, Eugenio. *La irrupción de las masas y el malestar de las élites*. Editorial Grijalbo, Santiago, 1999.
- Van Dijk, Teun A. *Racismo y discurso de las élites*. Editorial Gedisa, Barcelona, 2003.
- Wright Mills, C. *La élite del poder*. Fondo de Cultura Económica, México, 1957.

# II

## SEGUNDA PARTE

### La alternativa nuclear frente al cambio climático

# 7.

## ENERGÍA NUCLEAR: ¿RIESGO U OPORTUNIDAD?

JORGE ZANELLI

### INTRODUCCIÓN

Es para mí es un honor estar en la Universidad de Santiago y agradezco la oportunidad que me da de hablar sobre energía nuclear de potencia, un tema que creo de enorme importancia para el desarrollo de nuestro país, para la sociedad en general, para la humanidad. Además, es un gusto estar de vuelta en esta casa de estudios, donde fui profesor por muchos años.

El tema que se discute en este encuentro tiene que ver con la sustentabilidad de la generación eléctrica en interacción con el medio ambiente. El problema lo centraría en el problema del calentamiento global. Ya se ha mencionado acá que la temperatura de la atmósfera está aumentando unas dos décimas de grado por década y

esto es, en gran parte, producido por nuestra actividad. Si continuamos de la manera que vamos sin hacer nada, hacia fines de este siglo estaremos en una situación parecida a la que vivía la tierra hace 200 o 300 millones de años atrás. La pregunta es si estamos condenados a esto o si hay algo que podamos hacer para evitarlo.

La mayor parte de los pronósticos han llegado a ser demasiado optimistas. Ahora que se han revisado, se ha visto que son peores de lo que se pensaba y, por lo tanto, es necesario tomar medidas urgentes si se quiere revertir esta tendencia.

## ENERGÍA Y ENTROPÍA

El problema, desde el punto de un físico, lo veo de la siguiente forma: todo sistema vivo —una planta, una bacteria, una comunidad de seres humanos—, es un sistema que absorbe energía para crecer, replicarse y construir nuevas estructuras. Esta energía la adquiere del medio ambiente, convirtiendo parte de esta energía en trabajo útil: crecimiento y construcción de nuevas estructuras, y en la reparación y mantención de las funciones vitales. Esto último es la lucha contra la decadencia, la desintegración y la muerte. Por ejemplo, la energía en forma de enlace químico absorbida en los alimentos, nos permite elaborar moléculas complejas, producir proteínas para construir y reparar nuestros tejidos; en caso de comunidades o sociedades complejas, construyendo o fabricando cosas, transformando objetos naturales en cosas, transformando recursos naturales en recursos elaborados. Todos los seres vivos y todas las estructuras sociales, incluidos quienes estamos aquí, somos máquinas termodinámicas.

Una máquina termodinámica es un sistema que recibe energía primaria de alguna parte, produce una forma distinta de energía útil. Lo curioso es que siempre se produce, inevitablemente, cierta cantidad de energía inútil, llamada así porque no es posible reinyectarla al sistema para sacarle mayor rendimiento. Todas las máquinas termodinámicas tienen este problema, ya sea un automóvil, una caja

de música, o lo que sea: de toda la energía primaria que se consume, una parte se transforma en trabajo útil, pero siempre se genera cierta cantidad de energía inútil, llamada entropía. Por ejemplo, en el caso de un automóvil la energía primaria proviene del combustible, la energía útil es el trabajo que el motor realiza para acelerar y vencer el roce del movimiento, y la energía inútil o entropía, energía que no se puede volver a utilizar, en forma de calor, ruido y vibraciones que emite. En condiciones normales, el 85% de la energía que consume un automóvil se convierte en energía inútil o entropía: roce con el suelo y con el aire, calentamiento de los frenos, ruido... ¿Por qué pasa esto?

Una ley fundamental de la naturaleza es la de la conservación de la energía o primera ley de la termodinámica, que todo el mundo estudió en el colegio. Pero hay una segunda ley de la termodinámica muy importante y que no todo el mundo la estudió en el colegio. Esta ley señala que la energía residual, la energía inútil, la entropía, siempre es mayor a cero. Cualquier máquina, necesariamente, genera entropía. Eso significa que el rendimiento de cualquier máquina termodinámica, dado por la energía que sale dividido por la energía que entra, es siempre menor que 1. No existen las máquinas que tengan rendimiento 1 (no existen las máquinas de movimiento perpetuo). Esto significa que no hay forma alguna de conversión de energía que no produzca entropía o energía inútil. No existe ninguna forma de transformación de energía que no genere entropía, o sea, que produzca algo de contaminación. El corolario es que no existen las *energías limpias*. En particular, toda forma de generación eléctrica siempre emite algún residuo, alguna forma de contaminación.

En este sentido, el desafío para la humanidad se puede entender como la tensión entre generación de energía útil y generación de entropía.

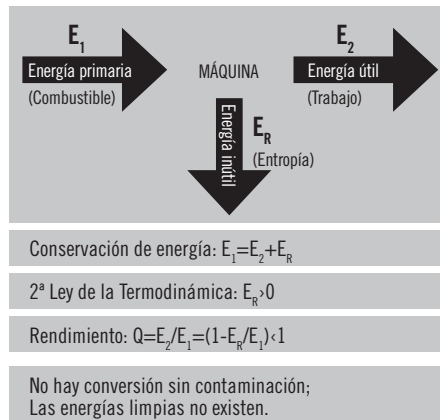


Figura 1: Máquina Termodinámica.

## ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

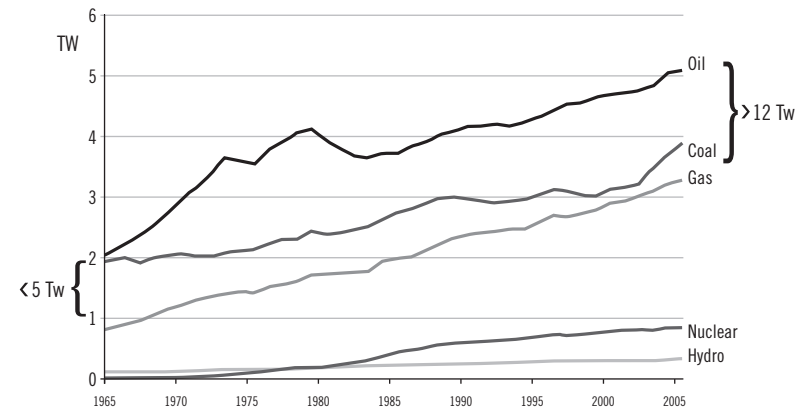
La estrecha relación entre la energía y el medioambiente, la resume así el profesor John P. Holdren, presidente de *la American Association for the Advancement of Science*: «La energía es el centro del problema ambiental, el ambiente está en el centro del problema energético, y resolver el dilema energía-economía-ambiente es el centro del desafío del bienestar sustentable tanto para las naciones industrializadas como en desarrollo». O sea, el desafío que plantea la necesidad de energía para el desarrollo humano y la necesidad de preservar el medio ambiente es el dilema central del bienestar humano y por lo tanto, de la continuidad de la vida en la Tierra. Por esto me parece muy interesante este encuentro, en el que se abordan estos dos temas fundamentales de manera conjunta.

Como las energías limpias no existen, lo importante es entender que hay unas más limpias que otras. Esto es fundamental en la discusión sobre energía y medio ambiente.

## LA CRISIS DEL PETRÓLEO

El problema energético actual tiene su origen en que estamos llegando al final de la era de los combustibles fósiles. Los especialistas debaten sobre si el *peak* de producción de petróleo ocurrirá en 5, 10 o 15 años más; si las reservas alcanzarán para 30, 40 o 50 años. Lo cierto es que el consumo de petróleo crece mucho más que los inventarios disponibles y la tendencia es que en algún momento los costos van a ser tan altos que tendremos que cambiar de fuente de energía. No es que el petróleo se vaya a terminar, pero será tan caro obtenerlo que va a ser un lujo absurdo usarlo para andar en automóvil.

El cuadro siguiente muestra el consumo global de energía en el mundo:



Incremento de 140% en 40 años

Reservas probadas de petróleo mundial (x 10 <sup>9</sup> barrels)	1987	1997	2006	2007	R/P
	910,2	1069,3	1239,5	1237,9	41,6

Figura 2: Consumo global de energía.  
Fuente: BP.

El consumo total de energía de la Tierra, hace 45 años era alrededor de 5T<sub>w</sub>, y hoy ha llegado a 12T<sub>w</sub>,<sup>1</sup> un aumento de 140% en 40 años. Por otra parte, si bien las reservas probadas de hidrocarburos han ido aumentando en el tiempo, el consumo ha aumentado muchísimo más. Por cada nuevo barril de crudo que se descubre, se extraen cuatro. Según la proyección de la *British Petroleum*, a la tasa de consumo actual, las reservas solo alcanzan para unos 42 años más. Se estima que ya se ha extraído más de la mitad del petróleo que la naturaleza formó en toda su historia. La crisis actual es la verificación de que empezamos a ver el fondo de la olla.

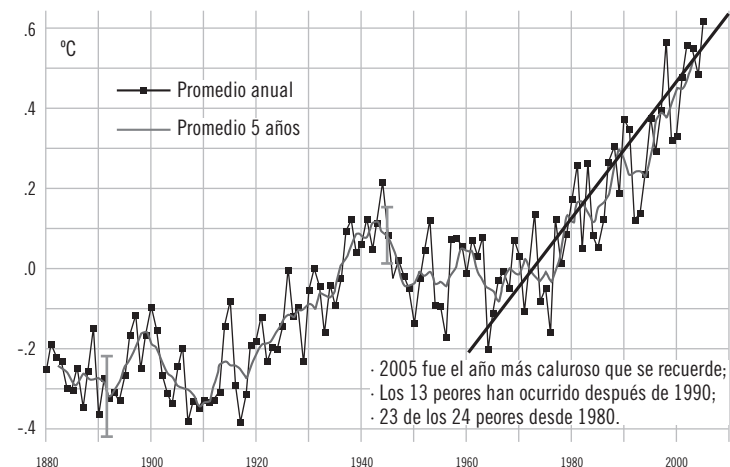
## ENTROPÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Por otra parte, el problema de la entropía, el problema de la energía inútil que generamos con nuestro modo de vida, se refleja en que estamos produciendo cantidades incontrolables de basura y contaminación. De algún modo, el calentamiento global es el resultado de esa entropía que producimos.

El siguiente gráfico muestra la temperatura media anual de la atmósfera en los últimos 130 años.

El petróleo se formó de la materia orgánica elaborada por las plantas tomando CO<sub>2</sub> de la atmósfera y utilizando para ello la energía solar. Dicho de otra forma, la madera es energía solar almacenada y el petróleo es una forma concentrada de esa misma energía. Al quemar la madera o el petróleo estamos devolviendo a la atmósfera el CO<sub>2</sub> lentamente capturado. Al haber quemado la mitad del petróleo existente, estamos devolviendo a la atmósfera el CO<sub>2</sub> que tomó cientos de millones de años capturar. O sea, estamos devolviendo la atmósfera a una condición que tenía en la época de los dinosaurios, cuando el clima era muy distinto del actual. Así, no es de sorprenderse lo que le está pasando al planeta por nuestra adicción al petróleo.

<sup>1</sup> Terawatt: 1T<sub>w</sub>= 10<sup>12</sup>W (un millón de millones de watts).



**Figura 3: La tierra se está calentando.**

Fuente: J. Hansen et al., *PNAS* 103: 14288-293 (26 septiembre 2006).

Desde los últimos 50 años se ve que la temperatura de la atmósfera crece alrededor de 0,2°C por década. Por otra parte, entre 2000 y 2020, la población mundial va a pasar de 6.000 a 7.500 millones de habitantes, un aumento del 25%. Pero, al mismo tiempo, con el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, el consumo mundial de energía aumentará en 60%. Y, dado que somos adictos a la energía fósil, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán en proporción directa con el consumo de energía. ¿Podemos seguir así indefinidamente?

## DEMANDA ENERGÉTICA, DEPENDENCIA Y ENERGÍA NUCLEAR

¿Y qué tiene que ver todo esto con la energía nuclear y con Chile? En algunos años más vamos a tener que producir el doble de toda la

electricidad que producimos hoy. Dicho de otro modo, dado que la demanda eléctrica en Chile se duplica cada 10 o 12 años, en 12 años más el país tendrá que generar más electricidad que en toda su historia anterior.

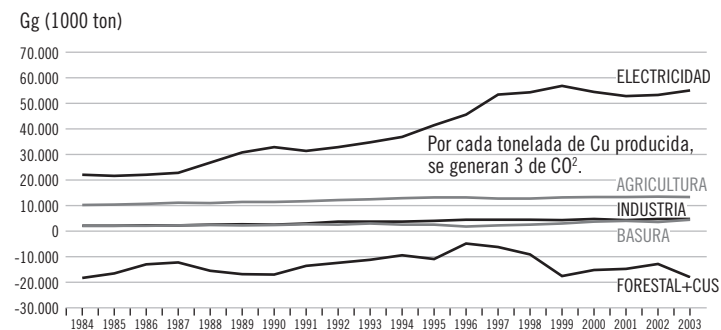
El 60% de la matriz eléctrica del país es producida quemando combustibles fósiles. Chile importa 75% del gas, 95% del carbón y el 98% del petróleo que usa. Chile no tiene manera de sostenerse sin importar combustibles fósiles. En el año 1997 comenzamos a alimentar nuestra matriz eléctrica con gas natural argentino, pensando que habíamos resuelto nuestra necesidad de energía con una fuente abundante y barata, lo cual resultó ser un gran error estratégico.

Desde el punto de vista de los negocios, fue una bonanza de 10 años. En 2005 empezaron las suspensiones de suministro a raíz del aumento de la demanda en Argentina y nos vimos en una situación crítica que dejó en evidencia la fragilidad de nuestros suministros energéticos, la vulnerabilidad de nuestra seguridad eléctrica y, por lo tanto, la necesidad de buscar soluciones a largo plazo. En ese contexto, la energía nuclear empezó a sonar fuerte y distintos sectores empezaron a pedir que el Gobierno la impulsara. Sin embargo, la Presidenta Michelle Bachelet se había comprometido a no impulsar la energía nuclear durante el mandato, lo que de alguna manera puso un freno. Sin embargo, habría sido irresponsable descartar la energía nuclear sin analizar seriamente el problema, por lo cual, en febrero de 2007, la Presidenta decidió formar una comisión para estudiar el problema, que tuve el honor de presidir.

## NUESTRA HUELLA DE CARBONO

En el contexto mundial, nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> pueden parecer insignificantes, pero, no por eso, resultan menos preocupantes.

La figura 4 muestra la cantidad de dióxido de carbono que nuestro país emite a la atmósfera anualmente. Vemos que la agricultura, la industria liviana y la basura tienen una huella de carbono casi constante en el tiempo, a pesar del crecimiento demográfico y



- Buena parte de la demanda energética viene de la minería.
- El crecimiento en la demanda energética (~6% al año), se explica por el crecimiento económico de los últimos 20 años (~5.4%).
- Nuestra huella de CO<sub>2</sub> podría hacernos perder nuestra ventaja minera.

Figura 4: Huella de CO<sub>2</sub> por sector económico. 1984-2003.

económico. La generación eléctrica, en cambio, tiene un crecimiento pronunciado, que se explica por el desarrollo económico, reflejado en el creciente acceso de amplios sectores a un consumo más intensivo de energía eléctrica y por el aumento de las exportaciones. Por otra parte, el efecto del desarrollo forestal y el cambio del uso del suelo capturan CO<sub>2</sub>, produciendo una contribución negativa al balance de emisiones.

De todos modos, la huella de carbono que estamos dejando es siempre positiva y creciente. Al comienzo de la década del 80 generábamos unos 37 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y absorbíamos 18; actualmente producimos cuatro veces más CO<sub>2</sub> de lo que absorbemos. Aunque nuestro efecto en el contexto global sea pequeño, en el mediano plazo nuestros productos van a tener una huella de carbono altísima, lo que nos expone a sanciones crecientes si no somos prudentes.

El crecimiento de la demanda energética sube un 6% por año, y esto se explica por el crecimiento económico (5,4% promedio). Buena parte de ese crecimiento económico y el consecuente crecimiento de la demanda energética viene de la actividad minera. Por



El combustible nuclear está en el núcleo del reactor, a la izquierda. Esto produce el calor que calienta el agua a gran presión y a gran temperatura del circuito primario; este intercambia calor con un circuito secundario que mueve turbinas, que luego genera electricidad. El circuito secundario tiene un sistema de enfriamiento que se comunica con el medio ambiente, tomando agua de una fuente fría, que puede ser un río, un lago o el mar. A veces, esta agua se enfría en una torre antes de devolverla al ambiente. La energía inútil que produce el proceso es vapor de agua, que sale a la atmósfera, más los desechos, en su mayor parte el combustible quemado que se produce cada vez que se cambia el combustible. Aparte de esto se generan unos pocos desechos producidos en limpieza y mantenimiento del reactor. En operación normal, un reactor nuclear no produce emisiones considerables ni efectos en el medio ambiente, y menos aún, gases de invernadero.

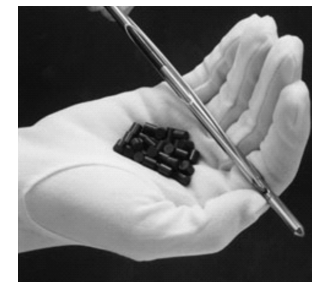
## COMBUSTIBLES Y DESECHOS

El combustible nuclear es el más energético por unidad de volumen. Un dedal de combustible nuclear produce la misma energía que 1,5 toneladas de carbón. Es interesante comparar el combustible consumido y los desechos producidos por las distintas formas de generación eléctrica. Una central que genera 1GW de electricidad consume en un año 27 toneladas de uranio enriquecido, que corresponden a 160 toneladas de uranio natural. Como desecho produce las mismas 27 toneladas de material radioactivo de alta actividad, además de 310 toneladas de material de radiactividad media y 460 toneladas de baja actividad.

Para generar esa misma cantidad de energía, una central a carbón requeriría 2 millones 600 mil toneladas de carbón al año y produciría 6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, más 44 mil toneladas de dióxido de azufre, otras tantas de monóxido de carbono y de óxidos nitrosos. Además esta planta produciría 320 mil toneladas de cenizas de las cuales 400 son de metales pesados, incluido el uranio, con lo

**Figura 6: Combustible nuclear: pequeño volumen, alto contenido energético.**

Cada pellet produce la energía de 1,5 toneladas de carbón (aprox. 5.000 kWh).



COMBUSTIBLE CONSUMIDO Y DESECHOS PRODUCIDOS PARA GENERAR 1 GW (Ton./año)

NUCLEAR	27 (Uranio enriquecido 3%) = 160 T U natural	27 (alta actividad) 310 (media actividad) 460 (baja actividad)	Toda la producción de residuos nucleares del mundo ≈ 1.000 m <sup>3</sup>
CARBÓN	2.600.000 (1.400 T/día)	6.000.000T CO <sub>2</sub> 44.000T SO <sub>2</sub> 22.000 NO <sub>x</sub> 320.000T ceniza (400T metales pesados)	
PETRÓLEO	2.000.000	5.000.000T CO <sub>2</sub>	

cual una planta de carbón descarga más radioactividad por su chimenea que la que produce una central nuclear. Un generador a petróleo consume menos toneladas del crudo que una central a carbón, porque el petróleo es más energético que el carbón, pero la cantidad de CO<sub>2</sub> que produce es aproximadamente la misma.

Una de las grandes preocupaciones que implica una central nuclear son los desechos. Como se mencionó, se trata de cantidades mucho menores que las cenizas de una planta a carbón. Además, por su enorme peso específico, el volumen de desechos del alta radioactividad es unos pocos metros cúbicos, que caben en un rincón de la sala donde se desarrolla esta conferencia. Eso es lo que se necesita confinar de una manera segura, y créanme, existen muchas maneras razonables de hacerlo. En el caso de los desechos que emite una central a carbón, ni siquiera se habla de qué se hace con ellos. Nadie habla de eso. El total de la producción de residuos de todos los reactores nucleares del mundo son mil metros cúbicos, o sea un cubo de 10m de lado. Ese es el volumen de desechos radiactivos es perfectamente almacenable bajo los más exigentes estándares de seguridad.

## LOS COSTOS

La figura N° 7, muestra cuánto cuesta la energía eléctrica generada en distintas formas. La energía fotovoltaica tiene un costo que va entre 12 y 190 us\$ por MWh. El viento, que es una de las energías renovables favoritas, tiene un costo que va de 5 a 12 us\$ por MWh. La energía eólica sobre la plataforma marina continental va desde 3 hasta 14 us\$ por MWh. La hidroelectricidad va de 5 a 20 us\$ por MWh, dependiendo el país. El petróleo está en torno a los 10 y el gas natural oscila entre 3 y 8 us\$ por MWh. El carbón oscila un poco más abajo. La energía nuclear está en el rango medio, compite con el gas natural y con la hidroelectricidad, es más barata que la eólica y ciertamente mucho más barata que la solar. Si se piensa solo en la conveniencia económica, claramente la nuclear es sumamente razonable y no emite gases invernadero.

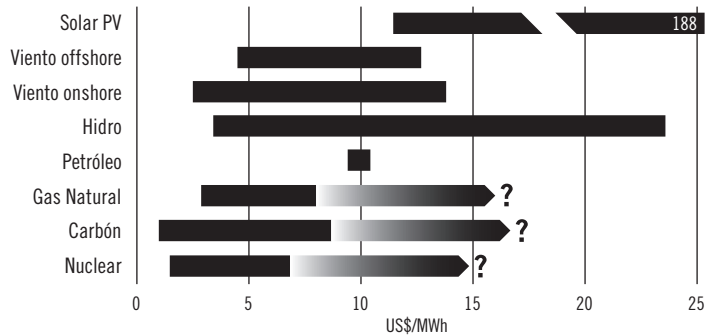


Figura 7: Rango de costos nivelados de generación eléctrica.

## LA HUELLA DE CARBÓN DE LA ENP

La figura 8 muestra las emisiones de gases de efecto invernadero que producen distintas formas de generación eléctrica, en gramos de

CO<sub>2</sub> emitidos por KWh generado. Se ve que el carbón, de distintos tipos, es lejos el peor. El gas natural está en un rango más limpio que el carbón. Lo mismo ocurre con otras fuentes como la biomasa, fotovoltaica, hidroelectricidad y el viento. Lo asombroso es lo poco que emite la energía nuclear y esto incluye el ciclo completo, desde la extracción del mineral de uranio hasta el depósito de residuos radioactivos de larga vida.

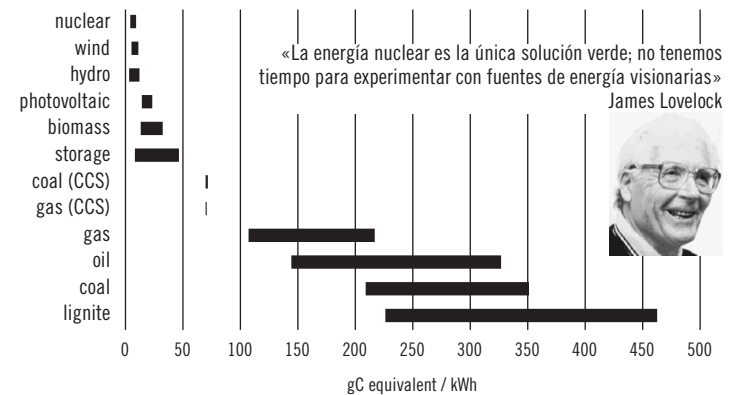


Figura 8: Emisiones de gases de efecto invernadero (gC<sub>eq</sub> per kWh).

Una planta nuclear es la más baja en emisiones de gases de invernadero entre todas las tecnologías actualmente en uso. Es por esto que la ENP aparece como una clara contribución para reducir el problema del calentamiento global. Esto lo ha dicho el connotado científico James Lovelock, uno de los fundadores de *Greenpeace*, y que trabajó en la Nasa estudiando el proceso de la vida en el universo. Él llegó a la conclusión de que si el calentamiento global en la Tierra tenía una solución, esta pasa por «aumentar la presencia de la energía nuclear en nuestras matrices energéticas. Esa es la única solución verde. No tenemos tiempo para experimentar con soluciones visionarias que a lo mejor van a estar disponibles a fines de este siglo. No hay tiempo para esperar a fines de siglo».

## EL PANORAMA INTERNACIONAL

En la actualidad, en el mundo hay 435 reactores nucleares funcionando. Los países que tienen más de treinta son: Estados Unidos (104), Francia (59), Japón (55), Rusia (31). Además, hay otros 52 reactores en construcción y 92 planificados. Las fuerzas que empujan este «renacimiento nuclear» son variadas. Al aumento en la demanda energética y la necesidad de una mayor seguridad de suministro a costos controlados en un escenario incierto de combustibles fósiles, se suma la renovación de la flota de la 1ª generación, la necesidad de desalinizar agua y, especialmente la preocupación por el cambio climático.

## VENTAJAS Y DESAFÍOS

Las ventajas de la energía nuclear son sus escasas emisiones de gases de efecto invernadero y su bajo impacto ambiental general; su excelente récord de seguridad (Mw por Mw es la forma de generación eléctrica con menor índice de accidentes fatales entre todas las formas disponibles); escaso uso de suelo; pequeño volumen de combustible y de desechos radioactivos; estabilidad de costos (el costo de la producción de una central de electricidad no depende fundamentalmente de costo del combustible, este solo incide en alrededor de un 5% del valor total de la generación).

Los desafíos de la energía nuclear son claros. El más conocido es que no hay en el mundo repositorios definitivos, para guardar *a perpetuidad*, el combustible quemado. Lo que hay son maneras seguras de almacenar los residuos por 10 mil años, que es más que toda la historia de la humanidad. La verdad es que es posible que no sea necesario guardarlos por tanto tiempo, porque el combustible quemado es, en un 95%, uranio enriquecido y, por lo tanto, reutilizable. Por esto, muchos países no consideran el combustible quemado como un desecho, sino como un recurso que se puede volver a utilizar. El problema de estos residuos es su alta toxicidad química,

pues son ricos en actínidos y todo tipo de tierras raras, elementos peligrosos para la salud humana. Por este motivo necesitan aislarse en forma segura y por mucho tiempo. Miles de años probablemente, por lo que la discusión sobre los residuos tiene una importante carga ética. Por ejemplo, la decisión de iniciar un programa de ENP debería incluir un procedimiento para decidir qué se haría con los desechos, aunque el problema de manejo de desechos se presentaría 25 años más tarde. En ese momento, el primer lote de combustible gastado saldría de las piscinas de enfriamiento y, para entonces, la mayor parte de quienes tomaron la decisión ya estarían jubilados.

Por otra parte, la sismicidad, que Chile es una preocupación permanente, no es un impedimento para la instalación de un reactor, ya que hay soluciones de ingeniería antisísmica adecuadas para las condiciones que históricamente se registran aquí.

Al analizar la conveniencia de instalar o no ENP en nuestro país, tenemos que imaginarnos el país en que quisiéramos vivir, no ahora sino que en un siglo más. La energía nuclear no es algo que uno pueda instalar y luego retirar si se arrepiente. La operación de una central nuclear compromete a toda la sociedad por una escala de tiempo de alrededor de un siglo, sin contar el manejo de los desechos. Es un asunto serio y complejo y, si no se hace seriamente, mejor no hacerlo.

## ¿ES POSIBLE LA ENERGÍA NUCLEAR EN CHILE?

En octubre de 2007, el Grupo de Trabajo en Núcleo Electricidad, que me tocó presidir, hizo un informe donde se recogen las principales preocupaciones que existían en ese momento. Cuando uno preguntaba: ¿es posible iniciar un programa nuclear en Chile? Señalamos que existen varias restricciones y desafíos en nuestro país, entre ellos:

- Red eléctrica muy pequeña y dividida en dos grandes sectores.
- Negocio eléctrico totalmente abierto y desregulado, en que el Estado participa tangencialmente.

- País más sísmico del mundo: 40% de la energía sísmica se desata en nuestro territorio.
- Infraestructura legal precaria e insuficiente en este tema.
- Capacidad limitante en cuanto a emergencia radiológica.
- Pequeñísima base de Ciencia y Tecnología.
- Ausencia o aguda precariedad en cultura de seguridad.
- Baja confianza en las autoridades y en las instituciones, desconfianza en el gobierno, en los jueces, en los empresarios.
- Falta de mirada a largo plazo en cuanto a energía (ha empezado a corregirse en este último par de años).

Las principales conclusiones de nuestro informe fueron las siguientes:

- La ENP es una industria madura en el mundo, capaz de generar electricidad de base, con seguridad de suministro.
- La ENP es segura para las personas y el medio ambiente.
- La ENP es competitiva con las otras formas de electrogeneración.
- Las preocupaciones, la sismicidad y el manejo de los desechos, son desafíos abordables, tecnológicamente resueltos.
- Por lo tanto, no es posible afirmar que se deba descartar la ENP en Chile.

La ENP es la forma más segura de producir energía si se cuentan los accidentes y pasivos ambientales que podría producir. En particular, la ENP es la que tiene menor accidentabilidad de toda la industria de generación eléctrica por Mw producido. Asimismo, tiene el menor impacto ambiental y menores emisiones de CO<sub>2</sub> de toda la industria. Sin embargo, es necesario tener conciencia de que la energía nuclear genera compromisos del orden de un siglo o más; es una decisión estratégica por lo tanto exige una participación muy activa del Estado, cosa que hoy no tenemos.

Además, la energía nuclear demanda estándares de seguridad y rigor extremos, algo a lo que no estamos muy acostumbrados en Chile; el descuido de estos estándares es un riesgo inaceptable para la sociedad y el medio ambiente. Por último, la institucionalidad

actual no es compatible con un programa de ENP. Hoy día no se podría instalar un reactor de potencia en Chile en forma segura. Si alguna empresa quisiera hacerlo, no hay impedimentos legales para ello, pero la institucionalidad nacional no sería capaz de abordarlo en este momento.

Si se quiere lanzar un programa nuclear hay que satisfacer ciertos requisitos:

- Primero, es su aceptación pública. No se puede imponer esto a la sociedad. Sería suicida.
- Segundo, tiene que ser económicamente factible.
- Tercero, tiene que haber una institucionalidad regulatoria nuclear y de ordenamiento territorial y ambiental adecuada.
- Cuarto, tiene que ser compatible con la condición sísmica del país, fortaleciendo la capacidad de respuesta del Estado ante emergencias.
- Quinto, tienen que formarse los recursos humanos necesarios para ello.
- Sexto, tenemos que ser capaces de establecer una cultura de la seguridad, que se inicia desde la infancia.

## LOS ESTUDIOS QUE QUEDAN

Para pronunciarse sobre si la ENP es recomendable, hay que tener claro cuáles son los costos, los desafíos y los beneficios de las distintas opciones —qué ciclo de combustible adoptar, cómo adaptar nuestro sistema eléctrico, regulatorio nuclear y ambiental para incorporar la ENP, cómo seleccionar el sitio para instalar un reactor y un repositorio de combustible quemado, etc. Es decir, se requiere dimensionar cuidadosamente las brechas que tendría que salvar nuestro país para estar en condiciones de llevar a cabo un programa nuclear. Este es, justamente, el propósito de los estudios que está llevando el gobierno en esta etapa, lo cual no significa que la decisión haya sido tomada respecto a iniciar o no un programa nuclear en Chile.

Al mes de octubre del año 2009, habían completado y entregado estudios sobre el rol del Estado y el sector privado, sobre el marco regulatorio, sobre el ciclo del combustible, sobre impactos riesgos. Así mismo, hay una serie de otros estudios en desarrollo, sobre recursos humanos, percepción pública, mercado eléctrico, riesgos naturales, y ordenamiento jurídico, que están prontos a completarse. Se espera que todos estos estudios estén terminados a fin del año 2009, para que el gobierno que asuma el 11 de marzo del 2010, cuente con toda la información necesaria para tomar una determinación informada, educada, cuando se discuta el tema.

Como un ejemplo de los resultados de esos estudios, en la figura 9 se observa lo que pasaría con nuestra huella de carbono sin energía nuclear (línea oscura) y con un programa nuclear a partir de la década del 2020. Durante los próximos años, nuestra huella de carbono continuará ascendiendo, debido a la expansión de la generación eléctrica en base a fósiles. Si entraran en funcionamiento las centrales hidroeléctricas de Aysén, el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> tendría una inflexión hacia 2020, para seguir la curva ascendente puesto que no hay otra forma previsible de cubrir la demanda que no sea con una presencia abrumadora de centrales a carbón. Allí es donde está la oportunidad para la energía nuclear. Si esta pudiera entrar, podríamos mantener la curva de emisiones muy por debajo de la línea roja (línea gris claro).

Este es el resultado de uno de los informes que se acaban de terminar.

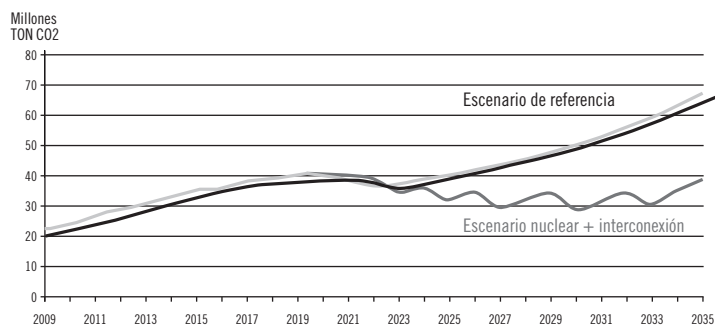


Figura 9: Comparación emisiones proyectadas.

Fuente: «El futuro energético de Chile» M. Tokman (Santiago, 03/09).

Lo que este resultado muestra es que la energía nuclear no solo puede ser una solución al problema de suministro eléctrico, sino además, ella puede ayudar a que nuestro país contribuya menos al aumento de entropía de la biosfera.

Si se quiere implementar la energía nuclear en Chile, se debe pensar en cuáles son nuestras fortalezas y debilidades como país. Tenemos una serie de fortalezas tales como, ser un país altamente competitivo en lo económico, nuestro país cuenta con muy buenas redes de conectividad y comunicaciones; nos caracterizamos por alta capacidad para hacer negocios. En estos tres rubros somos los primeros en América Latina, según el *World Economic Forum* y estamos muy orgullosos de eso. El lado B de nuestra realidad es que, según esa misma fuente, no tenemos una educación de calidad (somos el número 13 en Latinoamérica), y según el PNUD, estamos entre los peores en distribución del ingreso en Latinoamérica. Es muy difícil pensar que un país puede plantearse seriamente el desafío de montar un programa nuclear seguro y con apoyo ciudadano si no se piensa realmente en resolver estos problemas.

## CONCLUSIÓN

La ENP es una solución interesante al problema energético nacional y, al mismo tiempo, genera importantes desafíos y nuevos problemas, cuya solución estimularía un mayor desarrollo industrial y cultural. Su implementación tiene impacto más allá de lo estrictamente nuclear o de suministro eléctrico; impacta sobre una red industrial y tecnológica de apoyo en torno a la ENP, ofreciendo además interesantes oportunidades de cooperación con nuestros vecinos, como Argentina y Brasil, que ciertamente están más avanzados que nosotros en esta área.

La energía nuclear, siendo una opción económica y ambientalmente atractiva, presenta desafíos para Chile que no son menores. Si se quisiera realmente impulsar un programa de energía nuclear, este podría significar un desarrollo sin precedentes y más que cualquier otro proyecto nacional.

El principal beneficio de la energía nuclear no sería, desde mi punto de vista, el aumento de la seguridad del suministro eléctrico que, sin duda, es un beneficio. Para mí, el beneficio más importante sería que, al hacer el esfuerzo para implementarla, habremos mejorado profundamente nuestro país.

## 8.

### EL DESARROLLO NUCLEAR EN CHILE: LAS PERSPECTIVAS FAVORABLES Y CRÍTICAS

ADELA CUBILLOS MEZA

#### INTRODUCCIÓN

En Chile se han dado condiciones favorables para emprender proyectos tendientes al uso pacífico de la energía nuclear. Estos proyectos se materializaron en la década de los setenta al crearse dos centros de estudios nucleares, Lo Aguirre y La Reina. En ambos centros se instalaron reactores de investigación para producir radioisótopos aplicables en la industria, medicina, y agricultura.

Este desarrollo nuclear alcanzado por el país le permitió vincularse con organismos internacionales y formar parte de un régimen de no proliferación nuclear. Esta vinculación le ha reportado

asistencia técnica y apoyo de dichos organismos, principalmente del Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA.

Sin embargo, el desarrollo alcanzado por Chile en el área nuclear ha sido solo de investigación y no ha logrado el dominio del ciclo del combustible nuclear, dominio que le habría permitido generar nucleoelectricidad.

En el presente artículo se analizan las variables que han condicionado el desarrollo de la energía nuclear en Chile, así como también el escenario actual que ha permitido la reformulación de un proyecto de Nucleoelectricidad. Se analiza también la situación de Chile el año 1978 y los costos asociados a la construcción de una central Nucleolétrica y la situación en el año 2009.

#### 1. FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS QUE HAN CONDICIONADO EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN CHILE ENTRE 1965-1990

Chile se inició en el campo de la energía nuclear más tardíamente que Argentina y Brasil. Este hecho significó que se encontrara con algunos obstáculos para emprender su programa en materia nuclear y, a la vez, lo posicionó como un país menos avanzado en la región. La situación de Chile como país en desarrollo en la década de 1960 lo hacía vulnerable a los vaivenes políticos y económicos mundiales y por ello, tal vez, Chile se inició más tarde en esta nueva tecnología.

La iniciativa del doctor Eduardo Cruz-Coke, Senador de la República, al señalar la urgente necesidad de que el país emprendiera un programa nuclear el año 1955, no causó el efecto necesario para este fin, y los inicios del desarrollo de la energía nuclear en Chile fueron modestos en comparación a sus vecinos argentinos y con Brasil.

Así, el discurso del Doctor Cruz-Coke en el Senado fue un llamado urgente para que el país saliera del subdesarrollo «*Chile está obligado a hacer todos los sacrificios necesarios y gastar todo el dinero*

*que sea preciso para proporcionar técnicos jóvenes que vengan a producir aquí este tipo de energía y a buscar uranio en nuestras tierras».*<sup>1</sup>

En virtud de la iniciativa del Doctor Cruz-Coke y del apoyo de Estados Unidos, el año 1955 se firmó un Convenio relativo a la cooperación en materia de energía nuclear con el gobierno de ese país. Este Convenio contemplaba la colaboración en aportes tecnológicos y becas para los estudiantes en los Institutos especializados de la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos.<sup>2</sup> También vendrían a Chile técnicos estadounidenses para completar la formación de especialistas que el país requería. En virtud de este acuerdo también, el gobierno de los Estados Unidos hizo entrega al Gobierno de Chile de una Biblioteca que contenía gran parte de la información científica que hasta la fecha se había alcanzado en materia de energía nuclear a nivel mundial. Esta biblioteca se instaló en el Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales de la Universidad de Chile.<sup>3</sup>

En virtud de esta cooperación entró en funcionamiento el Laboratorio de Física Nuclear<sup>4</sup> con las propias actividades experimentales

<sup>1</sup> Discurso Pronunciado por el Doctor Eduardo Cruz Coke ante el Senado de la República el 14 de septiembre de 1955 en *La Gaceta Atómica* Periódico Institucional. Comisión Chilena de Energía Nuclear, Año 1, N° 1, Abril 1984.

<sup>2</sup> En virtud de este Convenio, el Mayor de Ejército, Enrique Lackington Monti, fue a estudiar diseño y cálculos de reactores al Laboratorio Nacional de Argonne de la Universidad de Chicago, entre septiembre de 1955 y octubre de 1956. En Mir Dupouy, Juan. «Evolución de la Energía Nuclear en Chile». *Nucleotécnica*. CCHEN, N° 6, Abril 1984.

<sup>3</sup> Maffei Fuenzalida, José Luis. «La Energía Nuclear ante el Derecho». *Memoorial de Ejército de Chile*. N° 319, 1964, p. 57.

<sup>4</sup> Hubo muchas discusiones respecto del nombre del laboratorio, si debería ser solo de «física pura» o de «física aplicada». Si Chile un país pequeño y en desarrollo, podría permitirse el tener de un laboratorio solo de «física pura». Debemos recordar que, en esos tiempos, la física como profesión era algo desconocido en Chile. Finalmente se sentaron las bases para la formación del «Laboratorio de Física Nuclear Pura y Aplicada» que pasó a depender directamente de la oficina del Decano y no de la Escuela de Ingeniería. Jacobo Rapaport estudió en el Instituto Tecnológico de Massachussets MIT con una beca Rockefeller y obtuvo un Ph.D en física nuclear. En sus «Recuerdos» hace mención de los problemas que tuvo que enfrentar para poder conseguir un préstamo del Export-Import Bank a la Universidad de Chile

y técnicas. Se realizaron cursos, seminarios y conferencias de trabajo. Los cursos eran: Mecánica Racional, Mecánica Cuántica, Física Nuclear y Teoría de los Reactores. Cada quince días había un seminario, en el cual uno de los colaboradores daba una charla sobre un tema referente a física nuclear. En las conferencias mensuales de trabajo se daba cuenta de la labor realizada y se discutían las dificultades, buscando juntos las maneras de resolverlas.

Para estudios especiales y para mejorar sus conocimientos, dos de los físicos del Laboratorio siguieron un curso de dos meses en la Argentina y, otros dos, en Holanda.<sup>5</sup>

En este contexto, los primeros pasos en el estudio de la física nuclear se dieron en las universidades. En 1956 se realizó en la Universidad de Concepción el Curso Latinoamericano de Isótopos Radiactivos, dictado por el profesor de la Universidad de Cambridge, A.G. Maddock. A este curso asistieron más de noventa participantes de distintos países sudamericanos.<sup>6</sup>

En 1961, en el Departamento de Química de la Universidad de Chile se realizaron las primeras aplicaciones industriales de las técnicas nucleares y las primeras dosimetrías químicas de fuentes de intensa radiación.

También se inició un programa de entrenamiento en el uso clínico de radioisótopos, patrocinado por la Fundación Kellog y la Universidad de Chile en el Hospital El Salvador. En medicina nuclear, el OIEA realizó una importante labor de apoyo a los países

---

para la adquisición del equipo nuclear por un costo cercano a us\$ 500,000. El préstamo fue aprobado, pero a su regreso a Chile se encontró con la negativa del nuevo Rector de la Universidad para tal inversión. Posteriormente, el Rector aceptó la donación del ciclotrón de 10 Mv. Considerado por Rapaport un «elefante blanco» ya que la máquina era un prototipo diseñado en Davis y como tal no existían repuestos y que también necesitaba un personal con gran experiencia para su operación diaria. Un edificio para ubicar el ciclotrón se construyó en la nueva sede de la Facultad de Ciencias en Av. las Palmeras cerca del Pedagógico. «Recuerdos de Jacobo Rapaport» Física en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Agosto 2005.

<sup>5</sup> Spaa, Jacobo y Arias, Arturo, op. cit.

<sup>6</sup> Maffei Fuenzalida, José Luis, op. cit., p. 61.

Latinoamericanos, a partir del año 1956 se iniciaron cursos de formación en esta materia y Chile participó activamente, así lo informa el Primer Congreso de Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear realizado en Lima, Perú en 1966. Las memorias presentadas en esa ocasión reflejaron el nivel alcanzado por Chile en esta materia.<sup>7</sup>

En este marco, hubo visitas extranjeras a las universidades, y así, el Departamento de Química de la Universidad de Chile recibió la visita de un experto del OIEA con el objeto de impulsar la radiofarmacia en Chile.<sup>8</sup>

El OIEA representó desde los primeros años un papel muy definido en la formación de los primeros grupos nacionales en el marco de programas de asistencia técnica, mediante la subvención de visitas de expertos a la región, el financiamiento de cursos regionales, becas al exterior y el aporte de equipos, radioisótopos y materiales fungibles. La formación de recursos humanos fue fundamental para el desarrollo de la medicina nuclear en Latinoamérica y Chile estuvo entre los países que recibió este apoyo.

Además del OIEA, el Programa de la Alianza Para el Progreso propiciado por el Presidente de los Estados Unidos, John Kennedy, vinculaba a un Estado norteamericano con un país Latinoamericano. Chile se vinculó con el Estado de California, lo que generó contacto y convenios con diversas instituciones. En este marco se estableció un convenio entre la Universidad de Chile y la Universidad de California, y dicha Universidad ofreció a la Universidad de Chile un acelerador ciclotrón. El programa académico entre ambas universidades contaba con el financiamiento de la Fundación Ford, la que proporcionó los fondos para el traslado del acelerador a Chile y parte de su instalación y compras de equipos adicionales. El físico Jorge Zamudio y dos técnicos viajaron a Estados Unidos para familiarizarse con el nuevo equipo y para participar en el traslado a Chile.

<sup>7</sup> OIEA BOLETÍN. Viena, Austria, Vol. 29, N° 1, 1987.

<sup>8</sup> Mir Dupouy, Juan, op. cit., p. 3.

Por lo tanto, estos primeros pasos del país en el desarrollo de la energía nuclear también se vieron impulsados por la acción gubernamental, y el año 1960 Chile suscribió el Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica.<sup>9</sup>

Esta ratificación del Gobierno de Chile le significó el apoyo tecnológico para iniciar su programa de energía nuclear bajo el alero de un Organismo supranacional que propiciaba el uso de la energía nuclear para fines pacíficos.

Sin embargo, la creación de la Comisión Chilena de Energía Atómica era un proyecto de ley<sup>10</sup> que dormía en el Congreso; el 21 de junio de 1961, el Presidente Alessandri lo había enviado al Parlamento y existía preocupación por qué este trámite de aprobación no se había realizado.

Eso significaba que no se apreciaba debidamente la importancia que tendría para el futuro aplicar, explotar y desarrollar la energía nuclear en el país. Al no existir la Comisión Nacional de Energía Atómica, Chile aparecía ante los Organismos Internacionales como un país con una falta de institucionalidad en esta materia. El Ministerio de Relaciones Exteriores no podía asumir en su totalidad la labor que un organismo científico podría lograr. En general, se apreciaba una política errática en materia nuclear, ya que el país se había convertido en miembro del OIEA recién en 1960, y otros países como Argentina y Brasil lo habían hecho en 1957 y ya habían ocupado puestos destacados en las Juntas de Gobernadores y Comisiones de este Organismo.<sup>11</sup>

Esa participación le había significado a Argentina y Brasil un mayor avance, adquiriendo asistencia técnica, medios para la investigación y desarrollo y logró reunir en sus países a un gran número de científicos extranjeros para poner en funcionamiento reactores de investigación.

<sup>9</sup> Ministerio de Relaciones Exteriores promulga Estatuto del Organismo de Energía Atómica, Santiago, 24 de septiembre de 1960. Decreto N° 544. *Diario Oficial*. 20 octubre 1960.

<sup>10</sup> El Proyecto de Ley fue aprobado el 11 de diciembre de 1962, por la Comisión de Economía y Comercio de la Cámara de Diputados. Maffei Fuenzalida, José Luis, op. cit., p. 17.

<sup>11</sup> Maffei Fuenzalida, José Luis, op. cit., pp. 16-17.

En 1965 y por la tenacidad y esfuerzos del Doctor Eduardo Cruz-Coke, se creó la Comisión Chilena de Energía Nuclear por Ley N° 16.319. Esta Comisión era la sucesora de la Comisión Nacional de Energía Nuclear creada por Decreto Supremo N° 432 de fecha 16 de abril de 1964, que tuvo un carácter transitorio, sin participación del Presupuesto de la Nación. La Comisión Chilena de Energía Nuclear, CCHEN, que funcionaba y funciona bajo la dependencia directa del Presidente de la República, disponía de un Presupuesto que figuraba en el Presupuesto Anual del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

El año 1966, la Comisión disponía de un presupuesto E° 500.000, además de la ayuda técnica internacional que se materializó en la forma de becas, equipos y especialistas. Esta ayuda provino fundamentalmente de dos fuentes; el Organismo Internacional de Energía Atómica y del Comisariato de Energía Atómica de Francia, que alcanzó la suma de US\$ 120.000.<sup>12</sup>

Esta ayuda que recibía la CCHEN respondía a la necesidad de los países en desarrollo de recurrir a la asistencia del OIEA, Organismo que, desde su creación, tuvo como misión fundamental otorgar esta ayuda en materia nuclear.

## 2. EL APOYO DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA A LOS PAÍSES EN DESARROLLO

El impulso de la energía nuclear en los países en desarrollo comenzó con el programa «Átomos para la Paz» de 1953. Este programa propiciaba el uso pacífico de la energía nuclear y su objetivo era abrir esta tecnología al mundo y su utilización permitiría avanzar hacia el desarrollo. En 1958 el representante de Brasil ante la Junta

<sup>12</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. *Memoria Anual*. Santiago de Chile, 1967, p. 11.

de Gobernadores del OIEA propuso que se emprendiesen estudios sobre la posibilidad de instalar en América Latina uno o varios centros de formación en la técnica nuclear. Como resultado de esta petición, la Junta recomendó al Director General del Organismo que nombrase una misión para que visitara los países Latinoamericanos con el objeto de estudiar sus necesidades en lo que concernía a la instalación de uno o varios centros.

La finalidad de la misión era: emprender un estudio preliminar de los problemas técnicos que plantearía la instalación en América Latina de uno o varios centros regionales de formación nuclear. El grupo de expertos de la misión efectuaría un estudio sobre el terreno a evaluar, desde un punto de vista técnico, los siguientes factores: necesidad de crear centros regionales en América Latina para formar especialistas nucleares; posibilidad de disponer de las instalaciones ya existentes; evaluar las condiciones científico-tecnológicas e industriales de cada uno de los países.

La misión visitó diecisiete de las veinte Repúblicas Latinoamericanas, entre ellas Chile, y en cada país entrevistó a las personas vinculadas con los programas nucleares.

Esta misión pudo constatar *in situ* los logros alcanzados en América Latina en materia nuclear: Argentina era el país que había alcanzado los mayores progresos, Brasil, por su parte, había creado su laboratorio de física nuclear y centro de radio biología. Venezuela y México aspiraban a crear un centro médico biológico y cursos de ciencia nuclear. Sin embargo, frente a este panorama se pudo constatar las falencias del desarrollo nuclear de la región.<sup>13</sup>

El informe denunciaba que, en la mayor parte de los países de América Latina, eran pocos los estudiantes que decidían seguir una carrera científica o dedicarse a la ingeniería de investigación. Eran escasas las oportunidades que se les ofrecía para trabajar en estas carreras en sus propios países. Como consecuencia de ello, era escaso o nulo el personal especializado que se estaba preparando con miras al

<sup>13</sup> ANEXO: Informe sobre los problemas técnicos que plantearía la instalación de uno o varios centros de formación en la técnica nuclear, presentado por la misión enviada por el OIEA a América Latina. OIEA. «Informe de la Misión Enviada a América Latina por el OIEA». Santiago, CEPAL, 1959.

desarrollo de actividades en materia de energía atómica. Los gobiernos, que generalmente tropezaban con dificultades financieras, tenían poco interés en construir instalaciones que tal vez no se llegaran a utilizar. Los estudiantes que realizaban estudios en esta área en el extranjero volvían a sus países de origen y no encontraban campo de trabajo.<sup>14</sup>

Este panorama poco alentador para América Latina podría cambiar si se creaban uno o más centros generales de formación en materia nuclear, a pesar que el grado de desarrollo de los proyectos de energía atómica en América Latina no justificaba la creación de más centros. Los laboratorios por su parte, no podían facilitar personal suficiente para iniciar las actividades de un centro general. La Misión recomendaba finalmente, que el OIEA apoyara, por todos los medios, las solicitudes de las universidades latinoamericanas referentes a equipos, fondos, personal calificado, con el objeto de acelerar la formación de especialistas científicos y de ingenieros formados en laboratorios y que se estableciera un centro especializado para formar expertos en materia atómica.

Posterior a la labor de esta Misión, en 1962 la Comisión Interamericana de Energía Nuclear CIEN, de la Organización de Estados Americanos OEA, realizó en San Carlos de Bariloche, República Argentina, un Seminario para analizar las actividades que esta comisión había realizado en el campo de la educación, el adiestramiento y la investigación en las ciencias nucleares. El informe final de este Seminario expuso la siguiente situación: *«agudo y urgente problema de la formación del personal científico y técnico requerido para desarrollar programas nacionales de energía nuclear. En América Latina existen los medios para llevar a cabo un programa de adiestramiento, investigación y educación de las ciencias nucleares, pero ningún país aislado cuenta con las facilidades requeridas para satisfacer sus necesidades específicas»*.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Informe Sobre los Problemas Técnicos que Plantearía la Instalación de uno o Varios Centros de Formación en la Técnica Nuclear. OIEA. «Informe de la Misión Enviada a América Latina por el OIEA». Santiago, CEPAL, 1959.

<sup>15</sup> Informe Sobre los Problemas Técnicos que Plantearía la Instalación de uno o Varios Centros de Formación en la Técnica Nuclear. OIEA. «Informe de la Misión Enviada a América Latina por el OIEA». Santiago, CEPAL, 1959.

Por otra parte, según el mismo informe, existían en América Latina 47 centros que impartían cursos relacionados con las ciencias nucleares, pero en solo 17 de ellos se estudiaba la física y la energía nuclear. También los laboratorios en donde se realizaban los experimentos estaban agrupados en ciertas ciudades y, por lo tanto, las instituciones capaces de impartir docencia en dicho campo eran muy pocas. En resumen, el desarrollo del estudio y aplicación de la energía nuclear en América Latina presentaba en 1962 los siguientes problemas: en la mayoría de los países, la enseñanza de la física en los centros de educación media y superior era anticuada e insuficiente, sin laboratorios ni medios para despertar interés en la materia. Muchos países no poseían el número suficiente de escuelas de Física y Matemáticas e Ingeniería nuclear en sus universidades y tampoco contaban con profesores especializados en el área. Se evidenciaba la carencia de laboratorios y centros de investigación.

En síntesis no se había valorado suficientemente, en su significación social y económica, al físico, matemático o especialista nuclear, para quienes no existían posiciones adecuadas dentro de los organismos estatales, ni en la incipiente industria. También se observaba una virtual separación entre las Comisiones de Energía Nuclear y las universidades, de tal forma que las primeras tenían que mandar su personal al extranjero y las segundas no se beneficiaban con los pocos científicos y técnicos que ellas poseían.<sup>16</sup>

La CIEN en este informe, solicitaba ayuda para la ejecución de los planes de los centros de estudios nucleares existentes; entre estas ayudas, se requerían becas para estudiantes y profesores, profesores visitantes y expertos asesores para ayudar a organizar cursos, laboratorios para iniciar programas de investigación, ayuda para celebrar conferencias, seminarios, cursos especiales y publicaciones científicas.

En el mismo Estudio del año 1962 se exponía la situación de Chile, se insistía en la urgente necesidad de preparar personal especializado en el área nuclear y se sugiere, entre otras soluciones,

<sup>16</sup> OIEA. «La Enseñanza y la Energía Nuclear en América Latina». Capítulo II, «Estudio Crítico e la Situación Actual y de las Necesidades de una Programa Atómico, en Relación con las Distintas Fases del Desarrollo». Viena, 9.16.1962.

planificar programas entre las universidades latinoamericanas lo más uniforme posible. Así se facilitarían el intercambio cultural y de personas, entre todos los centros docentes de la zona, pero esta idea que fue ampliamente discutida pareció algo prematura dado el incipiente desarrollo en que se encontraban los estudios nucleares en los países de la región.<sup>17</sup>

Estos problemas y deficiencias que presentaba el desarrollo nuclear en América Latina, eran también una realidad en Chile, así lo manifestaba Luis Maffei Fuenzalida en el año 1964:

En Chile faltan los verdaderos hombres de estudio, los investigadores, técnicos y especialistas capaces de elevarse sobre el nivel medio de nuestro criollismo. La extrema complejidad de las disciplinas atómicas, la inexperiencia que existe sobre la materia aún en nuestros más altos centros de enseñanza, la necesidad de formar físicos y matemáticos en las escuelas del extranjero, las circunstancias especiales de que sean los gobiernos los que financian en parte y autorizan el suministro de equipo nuclear, en fin, múltiples factores determinan en estos momentos para Chile una ligazón muy estrecha, en los que a posibilidades atómicas se refiere, con la cooperación y ayuda internacionales. Por suerte, las autoridades educacionales y universitarias en general han llamado ya la atención sobre esta tremenda insuficiencia que perjudica de un modo fundamental nuestro destino próximo. Es preciso crear una conciencia pública que afronte el problema y lo resuelva, con el máximo de los medios que permita nuestra capacidad, a fin de que Chile no quede a la zaga en la gran carrera hacia el futuro que se abre a la humanidad.<sup>18</sup>

Esta percepción de la situación en que se encontraba Chile en los primeros años de la década de 1960 en materia de energía nuclear coincidía con la apreciación que el Informe del CIEN realizaba también en los mismos años.

<sup>17</sup> OIEA. «La Enseñanza y la Energía Nuclear en América Latina». Capítulo III, «Problemas que Plantea la Iniciación de Programas Nacionales de Energía Atómica en América Latina». Viena, 1962, p. 34.

<sup>18</sup> Maffei Fuenzalida, José Luis, op. cit., p. 55.

Con la creación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear se inició entonces una nueva etapa que impulsó la creación de los Centros de Estudios Nucleares. Así comenzó la exploración tecnológica en el área nuclear en Chile y la materialización de los ideales del Dr. Cruz Coke y de la comunidad científica en general, que percibían el uso pacífico de la energía nuclear como un impulso al desarrollo nacional. Se formularon planes, se creó infraestructura básica, se firmaron los primeros acuerdos de asistencia técnica internacional y se buscó la definición del desarrollo tecnológico en el área. Se crearon Comités Asesores en las áreas de física, medicina, agricultura, etc. Se promovió la capacitación en el país y en el extranjero de profesionales para dedicarse a la aplicación de las técnicas nucleares.

La CCHEN, el año 1966, elaboró un proyecto sobre la creación de un Centro Nacional de Estudios Nucleares. Este anteproyecto fue enviado a la Oficina de Planificación Nacional y lo dio a conocer a los gobiernos de Bélgica y Francia para estudiar la posible ayuda técnica internacional. Para este Centro era fundamental un Reactor de Investigación,<sup>19</sup> el que sería instalado en los terrenos del futuro Centro de Estudios Nucleares. Este Reactor debía contar con las especificidades técnicas que el Departamento de Física de la Universidad de Chile había preparado. También se firmó un Convenio con Francia para recibir apoyo con el Reactor. En este Convenio, el Gobierno francés otorgó facilidades para la construcción

<sup>19</sup> **Reactores Nucleares de Investigación** son aquellos que están diseñados para aprovechar los flujos de neutrones. Dentro de las principales funciones que realizan, está la de producir elementos radiactivos artificiales, también llamados radioisótopos y utilizar su fuente neutrónica para realizar investigación en el área de materiales (Difracción Neutrónica, Neutrografía, Escattering Difuso, Espectroscopia prompt – Gamma, Análisis por activación). El principal componente del reactor es su núcleo, cuyo volumen es de aproximadamente un metro cúbico y genera una potencia de 5 millones de Watts térmicos. El núcleo está formado por elementos combustibles, que contienen uranio enriquecido en isótopo <sup>235</sup>U, y está ubicado en el fondo una piscina (200 Ton. Agua) cuya profundidad es de 10 metros. La masa total de <sup>235</sup>U es del orden de los 5 kilogramos. El calor generado durante la operación del reactor es extraído y transferido a un sistema de refrigeración secundario siendo finalmente descargado al ambiente mediante una torre de refrigeración. En: www.ccehn.cl (fecha de consulta, noviembre 2008).

del Reactor de investigación de 5 MW de potencia, el que sería la base para el Centro de Estudios. Por su parte, la Junta de Alcaldes de La Reina, Las Condes y Providencia ofreció donar los terrenos para dicho Centro, como una forma de colaborar al desarrollo nacional. Además, la CCHEN obtuvo de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos un irradiador de Ce-137 de 100.000 Curies para el proyecto.<sup>20</sup>

Para Chile se hacía imperiosa la necesidad de contar con este Centro ya que, a la fecha, en el nivel mundial, había 361 reactores de investigación en 48 países y en Latinoamérica, México, Cuba, Colombia, Brasil y Argentina ya contaban con estas instalaciones. El objetivo fundamental de un Centro era proporcionar las facilidades de edificios, equipos, biblioteca, personal de administración y servicios generales y, además, para corregir defectos de la situación en que se encontraba la actividad nuclear a la fecha.

La labor que se estaba realizando en Chile en el campo de la energía nuclear era aplicada principalmente en la agricultura, medicina e ingeniería, sin embargo y a pesar que la Facultad de Física de la Universidad Católica de Chile estaba formando algunos físicos, su estado de desarrollo era incipiente. Las Universidades Técnica del Estado y la Técnica Federico Santa María, no poseían a la fecha, facilidades de entrenamiento de personal.

Solamente la Facultad de Ciencias y Matemáticas de la Universidad de Chile mantenía hacía cinco años un curso básico de radioisótopos para uso médico. En la Escuela de Ingeniería se estaba dictando un Curso optativo de Introducción a la Ingeniería Nuclear, que contemplaba un año de duración.<sup>21</sup>

Con todo, el año 1966 ya existían 29 grupos de docentes e investigadores que trabajaban en aspectos nucleares de la medicina, física, bioquímica, fisiología, farmacología, veterinaria, ciencias puras, etc. En total sumaban alrededor de 120 profesionales. El

<sup>20</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. *Memoria Anual*. Santiago de Chile, N° 24, 1967, pp. 14-17.

<sup>21</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. *Memoria Anual*. Santiago de Chile, N° 24, 1967, p. 39.

Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile realizó ese año las primeras mediciones de la radiactividad del aire, sobre muestras tomadas en la Isla de Pascua y en la Isla Juan Fernández.

Por otro lado, la CCHEN estableció un programa de medición de la radiactividad ambiental con la participación del Servicio Nacional de Salud, la Universidad de Chile, la Fuerza Aérea de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María. Así, cuando Francia realizó las primeras explosiones nucleares en Mururoa, en junio de 1966, Chile tenía capacidad tecnológica para realizar un programa de muestreo y análisis de diversos rubros como: agua, polvo atmosférico y alimentos. En los tres años siguientes, se estableció una red de muestreo que complementó la ya montada por el Servicio Nacional de Salud.<sup>22</sup>

En diciembre de 1968, Chile adquirió el Reactor de Investigación, de 5-10 MW de potencia, de la industria británica, ya que no se llegó a un acuerdo con la industria privada francesa para la construcción del reactor, como había sido la idea original, y de acuerdo a la ayuda prestada por el Comisariato Francés de Energía Atómica. Sin embargo, esta colaboración fue en beneficio de los ingenieros chilenos.<sup>23</sup>

El año 1969 ya se había construido el primer edificio del Centro de Estudios Nucleares que albergaba los talleres de mecánica, electrónica, y los irradiadores gamma de alta potencia, junto a un irradiador de Cobalto proporcionado por el OIEA. También se estaba ejecutando el proyecto del reactor experimental comprado a Gran Bretaña. A su vez, la Comisión solicitó asistencia al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Fondo-Especial PNUD/FE. Dicha solicitud contemplaba la ejecución de ciertos proyectos específicos en áreas de significación económico-social, por lo que se solicitó una cantidad de US\$ 1.800.000.

<sup>22</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. «25 Años 1964-1989», p. 11.

<sup>23</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. *Memoria Anual*. Santiago de Chile, N° 26, 1969, p. 17.

En el mismo año 1969 se organizó un Comité integrado por la CCHEN, Empresa Nacional de Electricidad ENDESA, el Ministerio de Obras Públicas y la CORFO, con el objeto de presentar al Presidente de la República un informe relativo a las posibilidades de incorporar potencia nuclear en el norte de Chile denominado «Plan de Obras para atender las necesidades eléctricas y de agua del Norte Grande».

Por otra parte, para el suministro de combustible para el Reactor experimental del CNEN, la CCHEN entabló negociaciones con el OIEA y el Gobierno de los Estados Unidos para este fin. Así, se solicitó 10Kg de U-235 enriquecido al 93%. Se firmó un contrato trilateral en septiembre de 1969 entre los dos gobiernos y el OIEA y, de esta manera, Chile recibió el material fisible necesario para el reactor experimental.<sup>24</sup>

### 3. LA INAUGURACIÓN DE LOS CENTROS DE ESTUDIOS NUCLEARES

Con la inauguración de los Centros de Estudios Nucleares de La Reina y Lo Aguirre se materializó la necesidad de contar con Centros de Estudios Nucleares y también se inició en el país una nueva etapa que se caracterizó por proyectar un desarrollo nuclear más ambicioso, este fue el Proyecto Nucleoeléctrico y la Carta Pronóstico del Uranio.

Así, con la creación del Centro de Estudios Nucleares de La Reina, se desarrollaron, a partir de 1972, aplicaciones de técnicas nucleares en agricultura, hidrología, industria y minería. La construcción del reactor de investigación de 5 MW, contratado en 1969 a la empresa *Fairey Engineerius Limited*, a través de un acuerdo firmado entre el gobierno de Chile y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda, dio inicio a la investigación y aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos.

<sup>24</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. *Memoria Anual*. Santiago de Chile, N° 28, 1970, pp. 7-8.

La actividad de dosimetría personal se desarrolló como uno de los primeros trabajos de investigación en el Centro y, cuatro años más tarde, con la puesta a crítico de este reactor se creó un laboratorio propio de la CCHEN en esa especialidad.<sup>25</sup>

El año 1972 Chile y España firmaron un Acuerdo Complementario sobre Energía Atómica para fines pacíficos. El mismo año se iniciaron los trabajos del Centro de Estudios Nucleares de Lo Aguirre, con la participación de la Junta de Energía Nuclear de España.<sup>26</sup>

Los terrenos del Centro de Estudios Nucleares de Lo Aguirre fueron donados por la *Anaconda Cooper Company* ya que iban a ser expropiados por el gobierno de Salvador Allende. Lo Aguirre era un lugar de descanso de la compañía norteamericana y, en vez de sufrir la expropiación, decidieron donarlo para el Centro. La elección del terreno en Lo Aguirre respondía a los requisitos establecidos por el OIEA.<sup>27</sup>

Con posterioridad, el 29 de mayo de 1973 por Decreto Supremo N° 170 del Ministerio de Defensa, se creó oficialmente el Centro de Estudios Nucleares del Ejército CENE, como organismo destinado a ejecutar la política de participación de las Fuerzas Armadas en el desarrollo nuclear nacional. En sus instalaciones cuenta con un reactor de investigación de 10MW, una planta de irradiación gamma multipropósito, con laboratorios, talleres y biblioteca.

El Centro Nuclear de Lo Aguirre agrupó todas las actividades del ciclo del combustible nuclear, desde la prospección de materiales

<sup>25</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. «25 Años 1964-1989», p. 13.

<sup>26</sup> Las relaciones diplomáticas entre el gobierno de Salvador Allende y la España de Franco fueron muy cordiales. Estas cordiales relaciones se entienden en el marco de la política exterior de España hacia América Latina, que se caracterizó por una importante cooperación económica. En los inicios de 1970 España canalizó hacia América Latina unos flujos financieros del orden de mil millones de dólares. En: Del Arenal, Celestino. «La Política Exterior de España hacia Iberoamérica». Editorial Complutense, Madrid, 1994, p. 55.

<sup>27</sup> Cubillos Meza, Adela. «La Participación del Ejército en el desarrollo nuclear nacional». *Política y Estrategia*. Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos, N° 92, Año 2003, p. 58.

de interés nuclear hasta el tratamiento y disposición de desechos radiactivos.<sup>28</sup>

Por otro lado, el año 1976, el Centro de Estudios Nucleares del Ejército CENE, fue entregado en comodato por treinta años a la CCHEN en virtud del Decreto Ley N° 1057. Así, se unificaron las actividades nucleares del país en una sola institución.

Sin embargo, se debe considerar la crítica que el científico Igor Saavedra hiciera respecto de la investigación en el área nuclear en Chile. Él consideraba que existía una falta de colaboración entre las Universidades y la Comisión Chilena de Energía Nuclear, además de que en Chile no se formaban ingenieros nucleares, sino que los que accedían a estos estudios lo hacían en el extranjero y no retornaban al país. Proponía la creación de un centro de estudios nucleares que aunara la labor de la CCHEN, universidades y los Centros Nucleares.<sup>29</sup> Esta observación del Doctor Saavedra coincide también con el panorama que presentaba, en general, la situación del desarrollo nuclear en Latinoamérica y que para Chile fue una característica constante a lo largo de los años.

Por lo tanto, los inicios en Chile para desarrollar la energía nuclear respondieron a iniciativas particulares, principalmente a la acción del Doctor Cruz-Coke y también las universidades comenzaron con programas de estudio en esta materia. La acción del Estado se manifestó, finalmente el año 1965 con la creación de la CCHEN.

#### 4. ETAPA DE CONSOLIDACIÓN Y APLICACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Desde 1983 en adelante se produjo una consolidación del desarrollo nuclear nacional, en el sentido de que los Centros de Estudios

<sup>28</sup> Comisión Chilena de Energía Nuclear. «25 Años 1964-1989», p. 14.

<sup>29</sup> Saavedra, Igor. «El Marco Científico Tecnológico del Desarrollo Nuclear». En: Orrego Vicuña, Francisco y Armanet, Pilar (eds.). *Política Nuclear*. Instituto de Estudios Internacionales, Editorial Universitaria, Santiago, 1979, p. 23.

Nucleares siguieron trabajando y desarrollando nuevas técnicas nucleares para ser aplicadas, tanto en medicina, agricultura e industria.

El año 1986 se realizó una propuesta de formulación de una Política Nuclear de la Defensa Nacional. Uno de los principales argumentos para definir la Política Nuclear de la Defensa Nacional fue el desarrollo nuclear alcanzado por Argentina y Brasil. Ambos países comenzaron sus programas nucleares en la década de los cincuenta.

Argentina logró la capacidad nuclear en forma autónoma el año 1983 y anunció que dominaba el ciclo del combustible nuclear. De esta forma, este país se colocaba en la categoría de país nuclearmente desarrollado. Disponía hacia fines de los años ochenta de plantas de purificación nuclear, de enriquecimiento de uranio y de fabricación de elementos combustibles, entre otras actividades relacionadas con el ciclo del combustible.

Por su parte, Brasil desarrolló un ambicioso programa nuclear con el apoyo de la República Federal Alemana en 1975 y, ya en el año 1987, había logrado el dominio completo del ciclo del combustible nuclear al producir uranio enriquecido.<sup>30</sup>

Frente a la anterior situación vecinal, las Fuerzas Armadas consideraron que, si bien el desarrollo alcanzado por Chile podía ubicarnos en el tercer lugar dentro de América del Sur, el sector Defensa no había definido su postura frente al tema nuclear, pues el país no contaba con una política clara en el ámbito nuclear. La ausencia de una Política Nuclear Nacional ha sido, a través del tiempo, uno de los factores que ha impedido un desarrollo nuclear más amplio en nuestro país. Esta afirmación es compartida, tanto por científicos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear como por los ex Directores del Centro de Estudios Nucleares del Ejército.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Pérez, Luis. «Presente y Futuro de la Energía Nuclear en Sudamérica: Un Análisis». *Política y Estrategia*. Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos N° 50, Santiago, 1993, p. 93.

<sup>31</sup> Respecto a la ausencia de una Política Nuclear Nacional ver la Tesis para optar a grado de Magíster en Estudios Internacionales de Adela Cubillos Meza, «La Energía Nuclear en Chile: la Dificultad de la Formulación de una Política Nacional». Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, julio 2002.

## 5. EL PROYECTO NUCLEOELÉCTRICO

La necesidad de generar electricidad por medio de la energía nuclear surgió en Chile como parte de una propuesta global: los países desarrollados estaban utilizando la energía atómica para generar electricidad hacía ya varios años y la transferencia de tecnología era un objetivo a lograr. Por su parte, los países en desarrollo requerían diversificar sus fuentes de energía y, por ello, comenzaron programas muy ambiciosos, en algunos casos como Argentina y Brasil, y otros más modestos como en el caso de Chile.

La situación energética mundial de la década del setenta con la consiguiente crisis del petróleo en 1973 fue un importante incentivo para que muchos países emprendieran proyectos nucleoelectrónicos.

En Chile, del Plan de Electrificación realizado por la ENDESA el año 1970, surgió la conveniencia de incluir la nucleoelectricidad en los planes a largo plazo. Se preveía entonces la necesidad de incorporar una central de 370 MW de potencia en período 1981-1985.

También el OIEA realizó, entre los años 1971 y 1973, un estudio que examinó las situaciones energéticas regionales y locales de 14 países en desarrollo y las posibilidades de instalación en ellos de Centrales Nucleoelectrificadas para complementar las alternativas convencionales de generación eléctrica. Así, Chile aparecía como un país con necesidades y posibilidades de utilizar este tipo de energía.<sup>32</sup>

En la década de los setenta solo ocho países en desarrollo poseían centrales nucleares en servicio o en construcción: Argentina, Brasil, Bulgaria, India, México, Pakistán, República de Corea y República Socialista Checoslovaca. Se estimaba que, para 1980, el 8% de la energía sería de origen nuclear en los países en desarrollo. En cambio, para los países desarrollados sería de 16% la capacidad eléctrica de origen nuclear. Por lo tanto, el OIEA se veía en la necesidad de apoyar los programas para el desarrollo de esta fuente de energía.

<sup>32</sup> Orrego Vicuña, Francisco y Armanet, Pilar, editores. «La ENDESA y el Proyecto Nucleoelectrificado de Chile». *Política Nuclear*. Comisión Chilena de Energía Nuclear. «25 Años 1964-1989», p. 13. Instituto de Estudios Internacionales, Editorial Universitaria, Santiago, 1979, p. 53.

Así, en la Cuarta Conferencia Internacional sobre Utilización de la Energía Atómica con fines pacíficos, celebrada en Ginebra en 1971, y en la decimoquinta reunión ordinaria de la Conferencia General del Organismo, se recomendó que se intensificase la ayuda a los países en desarrollo para sus programas de electricidad nuclear. Atendiendo a estas recomendaciones, el Organismo reunió en octubre de 1971, a un Grupo de Trabajo sobre los reactores de potencia de interés para los países en desarrollo, encargado de estudiar las perspectivas que se ofrecían a las centrales nucleares en esos países, y de asesorar sobre la conveniencia de efectuar un detallado estudio de mercado de dichas centrales.<sup>33</sup>

Por lo tanto, el OIEA asistía a los programas nucleoelectricos de los países en desarrollo. La División de Energía Nucleoelectrica del Organismo disponía de una base técnica y de medios para sostener un programa global de asistencia para la evaluación, planificación y utilización de la energía nuclear. El objetivo global de un programa de este tipo era ayudar a fortalecer las capacidades nacionales para la ejecución de las siguientes tareas: analizar los proyectos globales de la oferta y demanda de energía y electricidad; planificar la función que correspondería a la energía nucleoelectrica en el abastecimiento de electricidad, determinando la magnitud y la oportunidad económicamente óptimas para la introducción de centrales nucleoelectricas; evaluación de las infraestructuras disponibles y de la necesidad, las limitaciones y las posibilidades de su desarrollo y la elaboración de los planes maestros, programas y recomendaciones.<sup>34</sup>

Toda esta labor la realizó el OIEA en el Proyecto chileno. Desde 1970 el personal de la División de Energía Nucleoelectrica del Organismo había facilitado a los países en desarrollo un total de 100 años-hombre de asistencia directa en materia de planificación y aplicación. En este programa, también el PNUD jugó un rol fundamental

<sup>33</sup> OIEA. «Estudio de mercado de la Energía nucleoelectrica en los Países en desarrollo elaborado por el OIEA» CCHEN-ENDESA. Informe de factibilidad para la Incorporación de Centrales Nucleares en Chile, Santiago de Chile, 1975, Anexo 1.

<sup>34</sup> Laue, H.J.; Bennett, L.L. y Skjoeldebrand, R. «La Energía Nucleoelectrica en los países en desarrollo». *OIEA BOLETÍN*. Vol. 26, N° 1, marzo 1984, p. 3.

para estos proyectos aportando fondos, de un total de us\$ 998.999 al programa nucleoelectrico chileno.<sup>35</sup>

Dentro de la asistencia del OIEA, también se desarrollaba un programa de cooperación técnica en el área de seguridad nuclear para los países en desarrollo. El principal fundamento del Organismo para esta cooperación decía relación con la nueva filosofía de la seguridad que debían concebir los países que emprendían programas de esta naturaleza.

La introducción de la tecnología nucleoelectrica y la construcción de centrales constituían cambios fundamentales en el nivel de desarrollo tecnológico de un país. Una de las principales funciones del programa de asistencia técnica del OIEA fue velar porque ese cambio en el nivel de desarrollo tecnológico se produjera sin tropiezos y de la forma más eficaz posible. Eso se podía lograr mediante la labor que realizaban las misiones, combinada con la asignación de expertos y los cursos de capacitación. Así, para el caso de Chile, la asistencia del OIEA en seguridad nuclear data del año 1975, en donde misiones y asistencia de expertos proporcionaron esta ayuda para las aplicaciones de energía nuclear en la medicina, agricultura e industria, así como también para el Proyecto Nucleoelectrico.<sup>36</sup>

En 1975 se hizo la presentación oficial del Estudio denominado «*Antecedentes y Proposiciones a las Autoridades de Gobierno para la Toma de Decisión sobre la Incorporación de Centrales Nucleoelectricas al Servicio del País*», a cargo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y la Empresa Nacional de Electricidad S.A. En este estudio se planteaba la necesidad energética y la solución viable y necesaria para el problema energético de Chile: la energía nucleoelectrica.

Los principales fundamentos para este estudio fueron los siguientes: la situación de Chile como país en desarrollo que estaba y estaría expuesto siempre a las consecuencias de las crisis energéticas mundiales, su dependencia de los combustibles importados, que desequilibraba la balanza de pagos. También se hacía mención a que:

<sup>35</sup> Laue, H.J.; Bennett, L.L. y Skjoeldebrand, op. cit., p. 7.

<sup>36</sup> Flakus, F.N. y Giuliani, P. «Cooperación Técnica para la seguridad nuclear en países en desarrollo». *OIEA BOLETÍN*. Vol. 26, N° 1, marzo 1984, p. 10.

La energía es un desarrollo de vanguardia que debe converger hacia los grandes objetivos de la economía nacional. Ello implica una condición de previsión que exige una rigurosa y metódica planificación y la adopción oportuna de decisiones político-económicas por el estadista. No habrá desarrollo sin una base energética suficiente oportuna, eficiente y económica. La energía de un país es un patrimonio nacional y un factor de poder. Constituye una de las infraestructuras fundamentales de la seguridad nacional.<sup>37</sup>

Como resultado de este Estudio, se realizó el «Primer Plan de Acción de la Construcción de la Primera Central Núcleo-Eléctrica», a cargo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y la Empresa Nacional de Electricidad S.A. en diciembre de 1976. De acuerdo a los objetivos del Estudio, la energía era considerada como un factor estratégico para el desarrollo del país, y Chile se encontraba en una situación vulnerable en cuanto a sus recursos energéticos ya que dependía de la hidroelectricidad, fuente de energía que estaba condicionada por factores climáticos. Además, el desarrollo en materia de energía nuclear, alcanzado por Brasil y Argentina, era un factor importante para iniciar un programa nucleoelectrico. Chile contaba a la fecha con personal capacitado para abordar una empresa de esa magnitud y era el momento adecuado para hacerlo.

Por otra parte, la asistencia prestada por el Organismo Internacional de Energía Atómica y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo permitían pensar que era factible dicho proyecto.

De acuerdo a este Plan, había una visión de país respecto de lo que se quería de la energía nuclear, así como también una valoración del tema energético y una preocupación por satisfacer la demanda nacional. Junto a ello, hubo una proyección en el tiempo, que también se manifestó en la formulación de una Política Nuclear del Gobierno Militar.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> CCHEN, ENDESA. «Antecedentes y Proposiciones a las Autoridades de Gobierno para la Toma de Decisión Sobre la Incorporación de Centrales Nucleoelectricas al Servicio del País». Santiago, 23 de abril de 1975, p. 3.

<sup>38</sup> Decreto que aprueba la «Política Nuclear de la Defensa Nacional», Documento Rector de las Actividades de las Fuerzas Armadas en el ámbito nuclear nacional, con carácter permanente. Resolución Ministerial N° 463, Ministerio de Defensa Nacional, Santiago, mayo 1986 (Decreto Exento).

También se visualizó el compromiso del gobierno con el desarrollo científico-tecnológico de Chile, a la vez que es un Proyecto que tiene por objetivo la incorporación de toda la comunidad.

En síntesis, el Plan contempló un programa compuesto por un plan maestro, la organización y las funciones, los recursos humanos y el financiamiento. Respecto a este último, el financiamiento se contemplaba de acuerdo a las siguientes fuentes: financiamiento externo, de Organismos Internacionales, de bancos extranjeros, de créditos de Gobierno a Gobierno, de créditos de proveedores, a la vez que se contemplaba el financiamiento nacional y privado, de excedentes de explotación del sector energético y de impuestos varios.<sup>39</sup>

Paralelamente, se realizó también un estudio denominado «Consideraciones Preliminares acerca del Diseño Sísmico de una Central Nuclear en la Zona Central de Chile» cuyo objetivo era analizar el riesgo sísmico en la zona central de Chile.

Una vez realizada la investigación, se recomendó realizar otros estudios en esta área para la eventual instalación de centrales de potencia en el país. Los estudios sísmicos debían realizarse con la asesoría de expertos de categoría mundial.<sup>40</sup>

Con todo, el Proyecto Nucleoelectrico no se pudo materializar, ya que los altos costos que implicaba su desarrollo llevaron al Gobierno a buscar otras alternativas energéticas, posponiendo la nuclear para otro momento.

Para la aprobación del Proyecto, la Comisión Nacional de Energía emitió el Informe de «Factibilidad Económica de una Central Nuclear en el Sistema Interconectado». Este Informe dice que:

<sup>39</sup> CCHEN; ENDESA S.A. «Plan de Acción: Construcción de la Primera Central Núcleo-Eléctrica». Comisión Chilena de Energía Nuclear, Empresa Nacional de Electricidad S.A., Santiago, Diciembre de 1976, Biblioteca Centro de Estudios Nucleares de La Reina, pp. 7, 8, 9.

<sup>40</sup> ENDESA. «Consideraciones Preliminares Acerca del Diseño Sísmico de una Central Nuclear en la Zona Central de Chile». Santiago, 18 de febrero de 1975, Biblioteca del Centro de Estudios Nucleares de La Reina.

La Comisión Nacional de Energía CNE: abordó el problema de acuerdo a criterios usuales de planificación eléctrica, es decir, considerando una central nucleoelectrica como una alternativa más en un esquema de abastecimiento de electricidad a largo plazo. El informe analizó los siguientes aspectos:

- Conveniencia económica del proyecto.
- Seguridad de servicio desde el punto de vista del abastecimiento eléctrico del país.

##### 5. POSIBILIDAD DE TRASPASO DE TECNOLOGÍA NUCLEAR

Así, la puesta en servicio hacia 1990 de una central nuclear tipo PWR de 600 MW (tamaño mínimo disponible en el mercado) implicaba una inversión de unos 1000 millones de dólares de us de 1978, incluyendo la primera carga de combustible del reactor.

La generación neta de una central de esta potencia alcanzaría a unos 4000 GW (1 millón de KW hora) al año, y el costo de las cargas de combustible sería del orden de us\$ 40 millones anuales.

La inversión que se estimó correspondía a una central sometida a solicitaciones sísmicas moderadas respecto de lo que cabía esperar para Chile; no estaba aún demostrado que los posibles emplazamientos de la central garantizaran condiciones tan favorables. El criterio económico general usado en el estudio consistió en determinar la secuencia de instalaciones que abastecía en el tiempo, la demanda eléctrica con grado razonable de seguridad y el mínimo costo para el país. Ese programa óptimo mostraría cuando y con qué potencia convenía instalar una central nuclear en Chile.

Se estudiaron las alternativas de generación nucleares de 600, 900 y 1200 Mw, centrales termoeléctricas a vapor-carbón de 300, 450 y 600 Mw, también de turbinas a gas de 50 MW, ocho proyectos hidroeléctricos por ENDESA y uno por CHILECTRA.

La comparación de programas alternativos y la selección del más económico se logró a través del uso de dos modelos matemáticos, especialmente diseñados para la planificación del sistema eléctrico: el MGI y el EASP.

El estudio, además, mencionaba que, desde el punto de vista de los beneficios que por transferencia de tecnología implicaría la participación nacional en la construcción de una primera central nuclear, se extenderá, en el mejor de los casos, a las obras civiles parte del montaje y el seguimiento del proyecto. Por su complejidad, debía ser controlado por un equipo de expertos extranjeros altamente experimentados. Todos los componentes del reactor se adquirirían en el extranjero y, además, pretender la participación más activa de la ingeniería industrial chilena en un proyecto nucleoelectrico podía llevar a sobre costos importantes del proyecto.

El informe fue presentado al Gobierno en 1979 y el Presidente Augusto Pinochet, a través de un Documento Reservado con fecha 22 de enero de 1980, postergó el proyecto y encomendó a la Comisión Nacional de Energía reactualizarlo el año 1985. También entregó a la Comisión Chilena de Energía Nuclear la misión de readecuar su infraestructura humana y material respecto del Proyecto Nucleoelectrico y esta Comisión solo se mantendría actualizada en los temas de generación nucleoelectrica.<sup>41</sup> De esta forma el Proyecto se postergó hasta 1985, fecha en que debería actualizarse.

La elaboración de este proyecto significó un pequeño avance en el desarrollo nuclear del país, principalmente por la preparación de profesionales que fueron a realizar estudios nucleares al extranjero, así también por los estudios de factibilidad que se realizaron en el país de parte de ingenieros, técnicos y todas las personas vinculadas al proyecto de la CCHEN, ENDESA y CHILECTRA.

Sin embargo, la no realización de este Proyecto significó para Chile que el desarrollo de la energía nuclear tuviera como objetivos solamente la investigación y la aplicación de técnicas nucleares en las áreas de medicina, industria, alimentos, minería. La construcción de

<sup>41</sup> Documento Reservado del Presidente de la República al Presidente de la Comisión Nacional de Energía, fechado en Santiago de Chile 22 de enero de 1980. (Gentileza del Señor Sebastián Bernstein, Santiago, agosto de 2008).

una central nuclear para generar electricidad implicaba un salto científico-tecnológico de grandes magnitudes: dominar el ciclo del combustible nuclear.

En la década de los ochenta, la Comisión Chilena de Energía Nuclear siguió con las funciones que se le habían asignado desde su creación y bajo su alero se desarrollaba la labor de los Centros de Estudios Nucleares de La Reina y de Lo Aguirre.

## 6. FUNDAMENTOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL NUCLEAR EN CHILE EN EL AÑO 2009

Chile ha tenido un crecimiento económico muy importante entre los años 1985 y 1997. Luego de un crecimiento del PIB promedio igual a 1,5% durante los quince años transcurridos entre 1970 a 1984, el país creció en promedio de 7,6% entre los años 1985 a 1997. Las causas de este crecimiento han sido objeto de numerosos estudios que han llegado a la conclusión que el alto crecimiento de este período fue un exitoso resultado de reformas estructurales orientadas al mercado.<sup>42</sup>

La continua expansión de la economía significó un aumento del ingreso *per cápita* de 63,3% entre los años 1989 al 2000. El PIB *per cápita*, en dólares de 1990, era en 1950 de \$US 3.827, en 1960 era de \$US 4.303, en 1970 era de \$US 5.217 y en 1992 era de \$US 7.238.

En este sentido es importante destacar que, a diferencia de América Latina en donde la década de los 80 fue una «década perdida», para Chile lo fue menos, ya que comenzaba a cosechar los beneficios de las reformas favorables al crecimiento.

El crecimiento de Chile entonces, de acuerdo a estudios del Banco Central de Chile, ha presentado fortalezas tales como el

<sup>42</sup> Schmidt-Hebbel, Klaus. «El Crecimiento Económico de Chile». Banco Central de Chile. *Documentos de Trabajo*. N° 365, junio 2006.

descenso de la inflación, la disciplina fiscal, la apertura a la economía mundial, un sistema financiero sólido, la fortaleza institucional y una buena infraestructura. Pero no se deben desconocer las debilidades de este crecimiento, como la desigual distribución del ingreso, la escasa investigación y desarrollo, la mala calidad de la educación y el clima económico regional y su fracaso en la promoción del intercambio.<sup>43</sup>

Las reformas del libre mercado abarcaron todas las áreas de importancia económica, su objetivo principal fue dismantlar el régimen intervencionista que había perdurado por casi cuarenta años. Estas reformas señalaban un quiebre radical con las políticas económicas previstas y por ello resultaban una verdadera revolución. Ellas se aplicaron en etapas paulatinas entre los años 1975 a 1989.

Una de las reformas que explica el exitoso crecimiento de Chile ha sido la apertura económica del país. Esta apertura al comercio internacional ha ido en aumento con los años y, hoy, Chile está muy integrado a la economía mundial. El comercio total, medido como exportaciones más importaciones en término nominales, llegó al 70% del PIB en el año 2003 y ha promediado el 60% del PIB desde 1996.<sup>44</sup>

Estas reformas aplicadas durante el Gobierno Militar dieron exitosos frutos que continuaron a lo largo de la década de los noventa bajo los gobiernos de la Concertación, originándose una prosperidad económica que alcanzó un 7,0% del PIB en el año 1997. Los logros económicos fueron significativos y proporcionaron un clima de progreso económico estable. Chile se modernizó en todas las áreas y eso se tradujo en una alta demanda de bienes y servicios.

En este sentido podemos afirmar que Chile es hoy un país más desarrollado que hace cuarenta años y que, probablemente, hoy sí estaría en condiciones de iniciar un programa de energía nuclear,

<sup>43</sup> De Gregorio, José. «Crecimiento Económico de Chile: Evidencias, Fuentes y Perspectivas». *Estudios Públicos*. Otoño 2005, N° 98, p. 24.

<sup>44</sup> De Gregorio, José. «Crecimiento Económico en Chile: Evidencia, Fuentes y Perspectivas». Banco Central de Chile. *Documentos de Trabajo*. N° 298, diciembre 2004, p. 24.

porque las características estructurales de la economía lo permiten.<sup>45</sup>

Por otra parte, no se debe desconocer los efectos que para el mundo en general y para Chile en particular ha tenido el fenómeno de la globalización. Además, hay consenso donde los factores determinantes que contribuyeron también al crecimiento de Chile son la calidad de sus instituciones, la apertura del comercio y la estabilidad financiera. Sin embargo, persisten deficiencias o falencias que aún frenan el desarrollo como país y dicen relación con el escaso desarrollo científico-tecnológico. Así, en Chile, la comunidad científica tecnológica es de alrededor 6.700 investigadores, contra 28 mil de Brasil y 24 mil de Argentina. También llama la atención la muy baja tasa de graduación de doctores en ciencia e ingeniería. Argentina tiene 11 graduados en ciencia e ingeniería por millón de habitantes al igual que Brasil y Chile solo tiene 3 graduados por millón de habitantes. Estos indicadores explican que Chile está perdiendo posiciones en diversas dimensiones de la carrera por ingresar a la sociedad del conocimiento. La capacidad de generar y absorber innovaciones supone contar con una base de Investigación y Desarrollo.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Esos cambios estructurales se reflejan en el Informe de la Comisión Económica para América Latina CEPAL: «Al expandirse 6.5%, en 1997 la economía chilena completará 14 años de sostenido crecimiento. El déficit en cuenta corriente se mantendrá en el rango del 4% del PIB, pero será financiado con holgura por la afluencia de inversión externa de mediano y largo plazo. El sector público cerrará de nuevo con superávit, equivalente esta vez a un punto porcentual del producto. La inflación será del orden de 6%, tasa algo inferior a la del año precedente. Estos favorables resultados de la economía chilena radican en sus elevados niveles de inversión bruta fija y de ahorro interno (29 y 26% del PIB respectivamente en 1997) y en la magnitud de sus reservas internacionales, equivalentes a más de un año de importaciones. A ello se agregan los reducidos niveles de deuda y de compromisos externos de corto plazo del país, si bien la deuda interna pública representa el 29% del PIB». Comisión Económica Para América Latina, CEPAL. «Balance Preliminar de la Economía de América Latina y el Caribe», Año 1997.

<sup>46</sup> Brunner, José Joaquín. «Chile: Informe Sobre Capacidad Tecnológica». PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Universidad Adolfo Ibáñez, Temas de Desarrollo Humano Sustentable, N° 6, Año 2001, pp. 11, 12.

Con todo, si Chile tiene una debilidad en el área científico-tecnológica, esta también se manifiesta en el área de la energía; así, Chile destina solo el 0,68% de su PIB a investigación y desarrollo, del cual un 32% es utilizado en investigación universitaria, y una ínfima parte de ello va a energía. CONICYT ha apoyado proyectos aplicados en el área de energía, que representan menos del 2% del total financiado en los últimos 20 años. «Esto limita a integrarnos a esa creativa industria mundial de la energía, una de las de mayor desarrollo tecnológico a nivel global, industria que está buscando superar las dependencias energéticas y conflictos ambientales que también enfrenta el mundo desarrollado».<sup>47</sup>

A pesar de las debilidades que presenta Chile en el presente para emprender un proyecto de Nucleoenergía se debe destacar como una fortaleza la acción gubernamental en la factibilidad de generar Nucleoenergía.

El Decreto N° 49 de 13 de marzo de 2007 del Ministerio de Minería oficializó la formación del Grupo de Trabajo en Nucleoenergía. A este grupo, integrado por 10 personas de distintas especialidades, se les encomendó la misión de asesorar al Gobierno en la evaluación de los estudios tendientes a la identificación de oportunidades, ventajas, desafíos y riesgos que involucraría el uso de la energía nuclear para generar electricidad en Chile, dentro del marco de los tratados internacionales que rigen esta materia.<sup>48</sup>

Esta Comisión se denominó Comisión Zanelli, por quien la preside, el científico Jorge Zanelli. Los resultados del informe fueron entregados a la Presidenta en septiembre de 2007.

El Informe entregó más recomendaciones que resultados, sin embargo no se puede desconocer que ha sido un primer paso. El Informe constituye un importante avance de la voluntad política por analizar la opción nuclear en el país. A pesar que la Presidenta ha manifestado que durante su gobierno no se tomará la decisión, lo

<sup>47</sup> Rudnick Van de Wyngard, Hugh. «La investigación en energía no es un tema prioritario en Chile». *El Mercurio*. Santiago, 30/04/2008, p. 4.

<sup>48</sup> «La Opción Nucleo-Eléctrica en Chile: Informe». Septiembre 2007. En: [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)

importante es que no se ha descartado la posibilidad y se han asignado los recursos para continuar con los estudios.

Después de un año de los resultados entregados por el informe Zanelli, el gobierno destinó la suma de US\$ 280 mil para estudios nucleares; este monto cubrirá tres estudios correspondientes a la segunda etapa de análisis de la opción nucleoelectrónica chilena solicitada por la Comisión Nacional de Energía, CNE. De esta forma, tres empresas extranjeras tendrán a su cargo la elaboración de estas investigaciones, cuyos resultados estarán el año 2009. Las empresas extranjeras encargadas de los estudios son: la británica Amec-Cade, la finlandesa Stuky y el consorcio ruso CNE (Technopark e Invermash).<sup>49</sup> Las tres materias que abordarán son: ciclo del combustible, marco regulatorio y los impactos y riesgos ambientales de esta opción.<sup>50</sup>

## CONCLUSIONES

Podemos percibir un cambio cualitativo de la visión que se tiene hoy de la energía nuclear a la que se tenía hace cuarenta años.

Hoy en día, nuevos actores están propiciando el desarrollo de la energía nuclear para generar electricidad; en la agenda de gobierno del año 2005 se incluyó la energía nuclear y en el presente año 2009 se creó el Ministerio de Energía que contempla la generación de nucleoelectricidad como alternativa para diversificar la matriz energética de Chile.

El tema nuclear se está debatiendo en foros, seminarios y ha habido una respuesta explícita del gobierno con la creación de una Comisión para que estudie la posibilidad de construir un reactor de

<sup>49</sup> Este consorcio ruso está instalado en Chile desde hace algunos años y ha sido uno de los promotores de la aplicación de la energía atómica para generar electricidad. Sus objetivos se pueden conocer en la página web: <http://www.technoparktoday.com>

<sup>50</sup> «Gobierno destina US\$ 280 mil para estudios nucleares». *El Mercurio*. Santiago, 28/11/2008. Cuerpo B, p. 10.

potencia en Chile, la Comisión Zanelli. Los grupos anti-nucleares y los mismos ecologistas han contribuido a poner el tema nuclear en el debate público.

Podemos afirmar que este cambio de visión y decisión respecto a la opción nuclear, se ha producido porque el escenario nacional e internacional ha cambiado. En el nivel nacional, Chile es un país menos subdesarrollado que hace cuarenta años, el crecimiento económico, los avances en ciencia y tecnología, el acceso a las nuevas tecnologías, el aumento del bienestar material de la población, etc. ha dado por resultado que el tema de las necesidades energéticas se transforme en un tema de interés no solo de las autoridades, sino que de la ciudadanía en general. En ese sentido, la energía nuclear como opción de generar electricidad se ha hecho visible.

En el escenario internacional, los cambios dicen relación también con la necesidad de energía que demanda el mundo globalizado. Ligado a lo anterior, las necesidades de energía en el mundo desarrollado y en desarrollo tienen un compromiso real de cuidado con el medio ambiente sustentado en el Protocolo de Kioto,<sup>51</sup> que ha llevado también a un renacer de la energía atómica con fines pacíficos. Entonces, las nuevas materias como el cuidado del medio ambiente, los nuevos actores como los líderes de opinión y los movimientos ambientalistas, los acuerdos de cooperación y los compromisos globales como el Protocolo de Kioto permiten situar el tema de los aumentos de la demanda por energía en el mundo y la energía nuclear en Chile con el paradigma globalista.

<sup>51</sup> Los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kioto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC). El acuerdo entró en vigor en febrero de 2005. En la actualidad 166 países, lo han ratificado. El objetivo del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el período 2008-2012. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos.

# 9.

## ENERGÍA NUCLEAR ¿RIESGOS U OPORTUNIDADES? LA EXPERIENCIA BRASILEIRA

JOSÉ AUGUSTO PERROTTA

### INTRODUCCIÓN

Brasil posee una matriz de producción de energía eléctrica bastante relevante en términos mundiales: posee más de 100 GW de potencia instalada y un consumo de 450 TWh en el 2008, lo que lo posiciona en el décimo lugar mundial. Esto es coherente con la fuerza económica brasilera que posee un PIB de casi US\$ 2 trillones, correspondiendo al noveno lugar en el ranking económico mundial. Mientras tanto, estos números, debido a una población de 192 millones de habitantes, vuelven los valores *per cápita* poco relevantes cuando se comparan con los valores globales. El PIB *per cápita* es poco más de US\$10 mil, ocupando el país la septuagésima séptima posición del

ranking mundial, y el consumo de energía eléctrica *per cápita* es de 2,4 MWh, lo que coloca al país en la nonagésima posición mundial. Estos valores *per cápita*, agregados al valor de 0,807 del Índice de Desarrollo Humano (IDH) correspondiente a la septuagésima posición mundial, posicionan a Brasil en una situación inferior a las observadas en países de América del Sur como Chile y Argentina. Al mismo tiempo en que los números globales apuntan a una gran economía y a un gran mercado consumidor, los datos *per cápita* indican una fuerte necesidad de: crecimiento social, una mejor distribución de las rentas, un crecimiento económico y una mayor generación de energía eléctrica para atender una demanda de crecimiento industrial y social del país.

En un mundo donde predomina la generación de la energía eléctrica de fuentes fósiles (casi dos tercios de la generación eléctrica mundial utiliza carbón, gasolina y gas), Brasil sobresale por tener un predominio de su matriz eléctrica en fuentes hídricas, siendo el segundo mayor generador de energía eléctrica por ese medio. Brasil posee el 77% (incluyendo las importaciones de Itaipu) de su capacidad instalada de energía eléctrica proveniente de hidroelectricidad. Solo el 1,85% proviene de fuentes nucleares (2 plantas nucleares con un total de 2 GW instalados), el restante es básicamente de generación termoeléctrica (gas, petróleo, carbón mineral y biomasa), y solamente el 0,31% de fuentes eólicas. Debido a tener su matriz eléctrica con base en represas y a que estas se localizan en diferentes regiones del territorio nacional, normalmente apartadas de los grandes centros consumidores, es esencial la existencia de extensas líneas de transmisión para el transporte de la energía eléctrica.

Brasil tiene una malla interconectada para la transmisión de energía eléctrica de casi 95 mil kilómetros. Esto hace posible transferir la energía entre las cuencas hidrográficas brasileras, disminuyendo los problemas de estiaje en determinados periodos. Cuando solo las plantas hidroeléctricas no son suficientes para la demanda del país, el sistema es necesariamente complementado con plantas térmicas. Entre ellas, las plantas nucleares tienen la importante característica de operar por largos periodos a plena potencia (normalmente 13 meses en el caso brasileros), con un costo en combustibles inferior al de las plantas térmicas. Esta es una de las características

de comparación de las plantas nucleares en relación con las plantas térmicas con combustibles fósiles; esto es, el costo de capital intensivo para la construcción de la planta nuclear y un costo marginal del combustible nuclear. Además, las plantas nucleares no emiten directamente gases de efecto invernadero, comparadas con las grandes emisoras que son las plantas térmicas con combustibles fósiles. Las plantas nucleares brasileras poseen un papel técnico importante dentro de la matriz de energía eléctrica, ya que garantizan una estabilidad en el sistema integrado de generación eléctrica, siendo necesarias hoy y en la expansión futura del sistema eléctrico brasileros.

## 1. HISTORIA

La intención de implantar la electricidad nuclear en Brasil remonta a finales de la década del 50, cuando la energía nuclear comenzaba a surgir en el mundo como una de las alternativas industriales de producción de energía eléctrica y una solución de desarrollo a los países. Un breve resumen a continuación:

- 1951 La creación del Consejo Nacional de Investigación (CNIq)
- 1956 La creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear – CNEN
- 1957 Entra en operación el primer reactor de investigaciones en Brasil. El reactor IEA-R1 en São Paulo
- 1958 Programa de metas de Juscelino Kubitschek incluía central nuclear pionera de 10 MWe
- 1960 La creación del Ministerio de Minas y Energía
- 1962 La institucionalización de ELETROBRAS
- 1963 Plano trienal del Gobierno de João Goulart preveía la operación comercial de la central nuclear en 1980
- 1967 Presidente Costa e Silva anuncia uso de la electricidad nuclear
- 1970 Furnas Centrales Eléctricas firma contrato «turn-key» con la Westinghouse para construir la central Angra I de 626 MWe
- 1971 Es creada la Compañía Brasileras de Tecnología Nuclear (CBTN) para proyectar y construir instalaciones del ciclo del combustible nuclear

- 1974 Es creada NUCLEBRAS, sucesora de la CBTN para implantar un programa de referencia de 10200 MWe hasta 1990
- 1974 Es autorizada la construcción de Angra II
- 1975 Es firmado el acuerdo entre Brasil y Alemania como apoyo tecnológico al programa nuclear de referencia
- 1975 Es autorizada la construcción de Angra III
- 1983 Es iniciada la operación de Angra I
- 1987 La Presidencia de la República anuncia dominio del ciclo del combustible nuclear a través del programa autónomo de desarrollo nuclear
- 1988 La promulgación de la nueva constitución de Brasil – Energía nuclear solamente con fines pacíficos y mediante la aprobación del Congreso Nacional
- 1988 La creación de la INB – Industrias Nucleares de Brasil, como sustitución de la NUCLEBRAS
- 1994 Gobierno autoriza la transferencia de recursos financieros y financiamientos de Angra III a Angra II
- 2000 Iniciada la operación de Angra II
- 2007 Consejo Nacional de Política Energética autoriza la retoma de Angra III
- 2008 Constitución del Consejo de Desarrollo del Programa Nuclear Brasileiro – Presidente de la República y once ministros
- 2009 Reinicio de la construcción de la Central Nuclear Angra III.

En la década del sesenta fue estructurada la base del conocimiento del área nuclear, culminando en el inicio de la década del setenta con la contratación de la primera planta nuclear, Angra I. En la década del setenta fue iniciado el programa de cooperación entre Brasil y Alemania que preveía la construcción de ocho plantas nucleares y la transferencia progresiva de la tecnología de las centrales nucleares. Sin embargo, este programa fue discontinuado a lo largo de las décadas del ochenta y noventa, y recién en el 2000 la construcción de Angra II continuó y entró en operación. De las instalaciones del ciclo del combustible solo restó la Fábrica de Elementos Combustibles (FEC), hoy parte de las Industrias Nucleares de Brasil (INB), fabricante de los elementos combustibles de las plantas nucleares brasileñas.

En la década del ochenta hubo un importante avance del programa nuclear brasileiro de forma autónoma. Fue desarrollado el

enriquecimiento isotópico y establecida la base técnica para el desarrollo de una planta nuclear de potencia para la propulsión naval. La tecnología del enriquecimiento permitió establecer en la INB la base industrial del ciclo del combustible para la atención de las centrales nucleares brasileñas actuales y futuras.

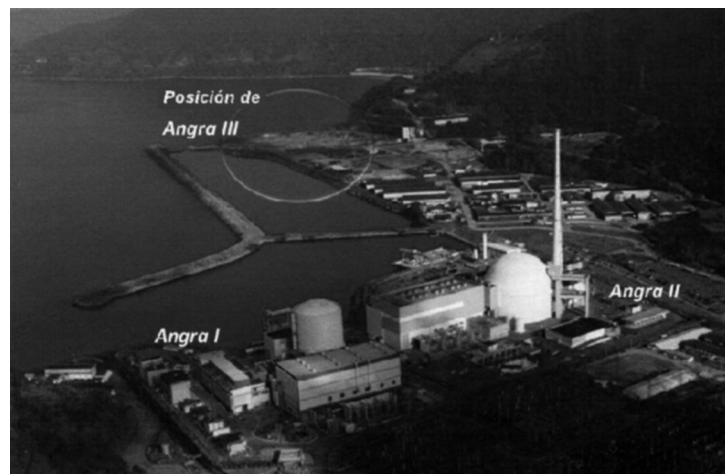
El sector nuclear brasileiro tuvo su origen vinculado a los intereses nacionales estratégicos y actuó, en general, de forma independiente de la industria energética nacional. La energía nuclear tiene un papel importante que desempeñar en el futuro del sector energético nacional, pero actuando de forma integrada con sus compañeros de la industria energética brasileira. En este contexto, la Empresa de Investigación Energética (EIE) del Ministerio de Minas y Energía (MME) realiza un papel importante para el planeamiento energético brasileiro.

## 2. DESEMPEÑO DE LAS PLANTAS NUCLEARES

Brasil tiene dos plantas nucleares en operación, Angra I y Angra II, y una tercera en construcción, Angra III. Todas se localizan en el mismo lugar, en Angra dos Reis, en la costa sur del Estado de Río de Janeiro.

- Angra I posee 657 MW de potencia eléctrica, es un reactor de tipo PWR de proyecto Westinghouse de los Estados Unidos, y opera desde 1983.
- Angra II posee 1350 MW de potencia eléctrica, es un reactor de tipo PWR del proyecto Siemens de Alemania, y opera desde el 2000.
- Angra III posee un proyecto idéntico al de Angra II, y tiene su inicio de operación previsto para el 2014.

Es interesante destacar la generación de energía eléctrica en los últimos dos años, para recalcar la importancia de las plantas nucleares en el sistema brasileiro.



FUENTE	Enero-Diciembre 2007		Enero-Diciembre 2008		Realizado 2008/2007 %
	GWh	%	GWh	%	
Hidráulica	406.084,33	92,79	397.701,40	88,65	97,94
Térmica a Gas Natural	11.217,49	2,56	23.872,03	5,32	212,81
Térmica Convencional	7.451,96	1,70	12.460,13	2,78	167,21
<b>Térmica Nuclear</b>	<b>12.306,54</b>	<b>2,81</b>	<b>14.051,07</b>	<b>3,13</b>	<b>114,18</b>
Eólica	558,93	0,13	556,32	0,12	99,53
<b>TOTAL</b>	<b>437.619,26</b>	<b>100,00</b>	<b>448.640,95</b>	<b>100,00</b>	<b>102,52</b>

Se observa en la tabla que, en el 2007, la hidroelectricidad generó 92,79% de la energía eléctrica consumida en el país, y que, de la complementación térmica, las plantas nucleares generan 2,81%, valor mayor que las otras plantas térmicas, petróleo, carbón y biomasa. Esto indica que las plantas operan continuamente en un tiempo superior al de las térmicas, ya que su potencia instalada es bastante inferior al total de las térmicas a combustibles fósiles y biomasa (2 GW contra 22,7 GW).

En el 2008 hubo un aumento en la generación eléctrica total, pero una disminución de la hidroelectricidad, lo que necesitó una mayor producción de energía térmica a gas natural y convencional.

Aún en este caso, las plantas nucleares habían contribuido más que el año anterior, mostrando su importancia en el sistema eléctrico brasileiro.

La misma observación puede ser realizada para los números del primer semestre del 2009.

FUENTE	Enero-Julio 2008		Enero-Julio 2009		Comparación 2008/2009 %
	GWh	%	GWh	%	
Hidráulica	231.289,89	88,45	234.672,42	92,72	1,5
Térmica a Gas Natural	13.932,31	5,33	7.075,89	2,80	-49,2
Térmica Convencional	8.724,16	3,34	3.356,54	1,33	-61,5
<b>Térmica Nuclear</b>	<b>7.276,35</b>	<b>2,78</b>	<b>7.729,34</b>	<b>3,05</b>	<b>6,2</b>
Eólica	268,96	0,10	255,41	0,10	-5,0
<b>TOTAL</b>	<b>261.491,67</b>	<b>100,00</b>	<b>253.089,60</b>	<b>100,00</b>	<b>-3,2</b>

Se observa que las plantas nucleares mantienen un patrón de buen funcionamiento, garantizando una parcela constante de 3% de generación de energía eléctrica en el sistema brasileiro. En este período, hubo un aumento de la generación hidroeléctrica (represas más llenas debido a la gran intensidad de las lluvias en este año), y una economía de combustible fósil correspondiente en las termoeléctricas. Se nota también que el perfil de la generación eólica aún es marginal en el sistema brasileiro.

Las observaciones de arriba muestran el perfil de la producción de energía eléctrica en Brasil. La principal fuente generadora es la hidroelectricidad, y la segunda fuente generadora firme (gran cantidad de energía concentrada y no distribuida) es la electricidad nuclear. La complementación a la demanda, o la regulación del sistema integrado que depende de la disponibilidad de la hidroelectricidad, se realiza por las plantas termoeléctricas de combustible fósil o biomasa, y de esa forma distribuida en el país. Las plantas nucleares tienen un papel técnico importante en el sistema, ya que garantizan la operación planeada del sistema, independiente de la temporada de las plantas hidroeléctricas.

Es importante destacar la contribución de la operación de las plantas nucleares para el medio ambiente, ya que, si ellas no existiesen, el sistema eléctrico brasileiro estaría usando más termoeléctricas a combustibles fósiles. Un estudio interesante sobre este tema fue realizado por Carlos Feu,<sup>1</sup> en que fueron cuantificadas las emisiones de CO<sub>2</sub><sup>2\*</sup> evitadas en Brasil por la operación de las hidroeléctricas y plantas nucleares, al contrario de termoeléctricas a combustibles fósiles, en el período del 2000 al 2005. El estudio revela que para este período la generación eléctrica nuclear evitó la emisión de cuarenta y siete mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Este número corresponde al 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas por el uso de alcohol combustible por la flota de autos brasileiros en el mismo período. La generación hidroeléctrica evitó más de un millón cien mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Si extrapoláramos esos datos para la cantidad de centrales en el mundo, verificaríamos un número de la orden de 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas. Estos números son expresivos y demuestran cómo la energía nuclear contribuye positivamente a la disminución del efecto invernadero, y deben continuar siendo consideradas como una de las opciones futuras para minimizar la emisión de CO<sub>2</sub> en la generación de energía eléctrica.

### 3. PERSPECTIVAS DE LA ELECTRICIDAD NUCLEAR

El Plan Nacional de Energía 2030, del Ministerio de las Minas y Energía, elaborado por la Empresa de Investigación Energética, prevé en sus varios escenarios de planeamiento las características necesarias de la capacidad instalada de energía eléctrica en el país.

<sup>1</sup> *Economía y energía*. Año XI, N° 63, agosto-septiembre 2007, ISSN1518-2932.

<sup>2</sup> \*Notas del traductor: en el texto original no sale la palabra CO<sub>2</sub>, quizás por error de tipeo o de impresión, pero es el estudio habla sobre las emisiones de las mismas.

FUENTE	CAPACIDAD INSTALADA		INCREMENTO	
	2020	2030	2005-2030	2015-2030
Hidroeléctricas	116.100	156.300	87.700	57.300
Empresas de Gran Porte	116.100	156.300	87.700	57.300
Térmicas	26.897	39.897	22.945	15.500
Gas natural	14.035	21.035	12.300	8.000
<b>Nuclear</b>	<b>4.347</b>	<b>7.347</b>	<b>5.345</b>	<b>4.000</b>
Carbón	3.015	6.015	4.600	3.500
Otras	5.500	5.500	700	—
Alternativas	8.783	20.322	19.468	15.350
PCH	3.330	7.769	7.000	6.000
Centrales eólicas	2.282	4.682	4.653	3.300
Biomasa de caña	2.971	6.571	6.515	4.750
Residuos urbanos	200	1.300	1.300	1.300
Importación	8.400	8.400	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>160.180</b>	<b>224.919</b>	<b>130.113</b>	<b>88.150</b>

El aumento previsto entre 2005 y 2030 es de 130 GW, que corresponde a 130% de aumento. Se nota que el perfil de la matriz de energía eléctrica permanece prácticamente igual al actual, con la hidroelectricidad como base del sistema, y la termoelectricidad como principal suplemento de complementación del sistema. Sin embargo, ahora las fuentes alternativas aparecen con relativa importancia en el sistema, incluyendo biomasa de caña y eólica, contribuyendo juntas con un 15,4% en el crecimiento total.

Es importante destacar que el mayor incremento de hidroelectricidad está concentrado en el norte y centro-oeste de Brasil, implicando limitaciones ambientales para sus proyectos y necesitando líneas de transmisión para conectarse al sistema integrado. También cabe destacar que, después de la construcción de esas unidades, la hidroelectricidad estará cercana a su fin, lo que implica la necesidad de crecimiento de otras fuentes, incluyendo de forma importante la electricidad nuclear (Prospección para el año 2030 al 2050).

Las plantas nucleares aparecen con un crecimiento mínimo de cinco plantas hasta el 2030, contribuyendo con un crecimiento de 3,8% en el sistema eléctrico: Angra III con 1345 MW y cuatro plantas más, de 1000 MW cada una. Ellas continuarán ejerciendo su papel

técnico de energía firme al sistema eléctrico en puntos estratégicos de la red integrada. Dos plantas están previstas para la costa noroeste y dos para la costa sureste de Brasil. La estrategia, siguiendo el ejemplo observado mundialmente, es definir regiones que puedan alojar hasta seis plantas nucleares en el mismo sitio, e instalar las plantas de dos en dos. Esto contribuye positivamente para las cuestiones de acreditación y aprobación pública, y también para las cuestiones económicas de importancia, tales como la infraestructura, construcción, operación, manutención y gestión de los desechos radioactivos. Por lo tanto, cada local definido podrá permitir la generación de hasta 6000 MW de energía eléctrica.

Técnicamente, ya se definieron algunos criterios sobre la elección de las plantas nucleares que serán construidas después de Angra III. Las plantas serán del tipo PWR, deberán tener potencias alrededor de los 1000 MW, deberán ser proyectos de tercera generación (Angra III aún es de segunda generación) y deberán ser licenciadas en los países de origen. Algunos proyectos mundiales avanzados se adecuan a esos criterios, tales como el AP1000 de la Westinghouse/Toshiba (Estados Unidos y Japón), el ATMEA1000 de la AREVA/Mitsubishi (Francia y Japón) y el VVER1000 de la Atomoenergoprom/Siemens (Rusia y Alemania).

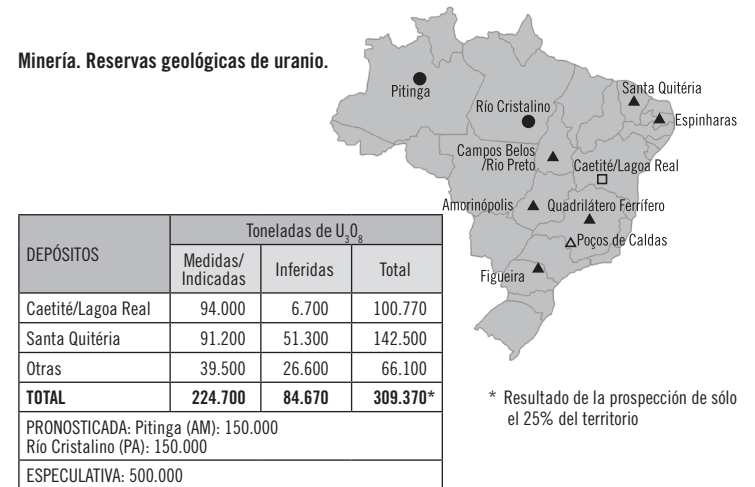
#### 4. CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

El Ciclo del Combustible Nuclear es el conjunto de etapas del proceso industrial que transforma el mineral uranio, desde cuando es encontrado en su estado natural hasta su utilización como combustible, dentro de una planta nuclear, y su posterior proceso y almacenamiento de los desechos. Brasil optó por no procesar sus combustibles nucleares irradiados, caracterizándose por ser un ciclo de combustible abierto, sin extracción de plutonio. Forman parte de las actividades del ciclo del combustible: la mineralización y obtención del concentrado de uranio, la conversión del concentrado a hexafluoruro de uranio, el enriquecimiento del uranio, la reconversión del

uranio enriquecido a polvo de dióxido de uranio, la fabricación de tabletas combustibles y el montaje del elemento que será utilizado en la planta nuclear.

Brasil es uno de los pocos países del mundo que dominan la tecnología del ciclo del combustible y también poseen uranio. Las reservas conocidas brasileras suman más de 300 mil toneladas de uranio. Esto coloca a Brasil en la sexta posición mundial en reservas de uranio. Sin embargo, se estiman más de 300 mil toneladas pronosticadas y más de 500 mil toneladas especuladas, lo que colocaría a Brasil como una de las principales reservas mundiales. Esto hace al uranio una de las principales fuentes energéticas de Brasil, potencial que debe ser convertido en un bien social para la población brasiler.

Minería. Reservas geológicas de uranio.

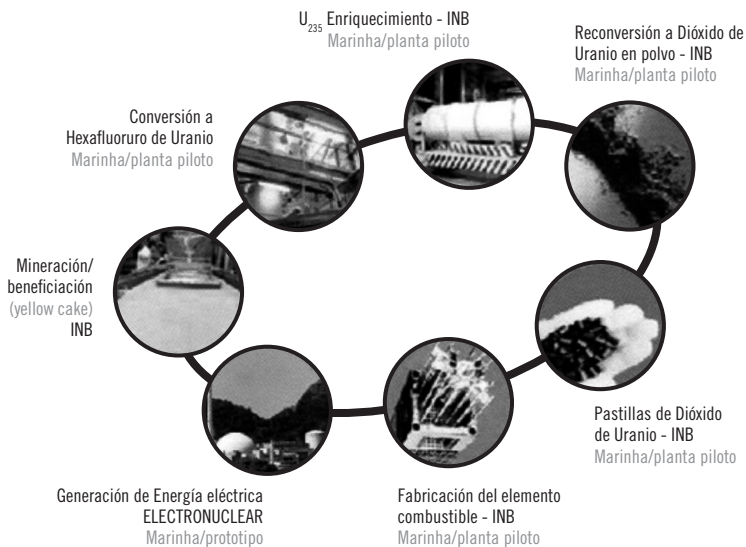


Dos minas están siendo exploradas hoy comercialmente por las Industrias Nucleares de Brasil (INB). Caetité, en el Estado de Bahía, está en operación y procesa cerca de 400 toneladas por año de concentrado de uranio (Yellow cake). La mina deberá producir, a partir del 2012 o 2013, cerca de 800 toneladas por año y, posiblemente en el 2017, la producción podrá llegar a 1200 toneladas anuales, con la exploración de nuevas anomalías en la misma mina. Recientemente, la INB realizó un consorcio con una empresa privada especializada en fertilizantes en la mina de Santa Quitéria, en el Estado de Ceará, que

posee una elevada concentración de fosfato. La expectativa es que, a partir del 2012, se comiencen a producir alrededor de 1100 toneladas de uranio por año, hasta llegar a su producción plena, en el 2017, de 1600 toneladas anuales. En resumen, la producción brasileña llegará, entonces, a 2,4 mil toneladas en un primer momento, lo que atiende perfectamente a la demanda nacional, al igual que la expectativa de construcción de nuevas plantas futuras, además de las cuatro previstas.

La autosuficiencia del proceso productivo del uranio está siendo alcanzada a través de la sociedad de la INB con el Centro Tecnológico de la Marina en São Paulo (CTMSP). El CTMSP posee la tecnología del enriquecimiento de uranio y está proveyendo su tecnología para que la INB la utilice en el proceso productivo de atención de las plantas nucleares. El CTMSP posee plantas pilotos de desarrollo y la INB posee plantas industriales. La INB aumentará su capacidad industrial de fabricación de los elementos combustibles, a medida que las plantas vayan siendo construidas.

El objetivo es solo la atención del abastecimiento del combustible para las plantas brasileras, sin la existencia de metas, en principio, de exportación.



## 5. ORGANIZACIÓN ACTUAL DEL PNB

Por decreto presidencial del 2 de Julio del 2008 fue creado el **Comité de Desarrollo del Programa Nuclear Brasileiro** con el objetivo de fijar directrices y metas para el desarrollo del Programa Nuclear Brasileiro (PNB) y supervisar su ejecución. Once miembros forman parte del Comité, siendo precedidos por el Ministro Jefe de la Casa Civil de la Presidencia de la República. El Comité podrá invitar a representantes de diversos órganos o entidades públicas o privadas para participar de sus reuniones. El Comité podrá constituir grupos técnicos con la finalidad de asesorarlos en temas específicos relevantes para el PNB.

Las orientaciones estratégicas generales establecen que el PNB:

- Será siempre ejecutado dentro del absoluto respeto a la norma constitucional que limita las actividades nucleares nacionales a fines pacíficos a las normas técnicas nacionales y a los compromisos del país establecidos en acuerdos internacionales de no proliferación y de protección nuclear.
- El proyecto, construcción, comisión, operación y manutención de las instalaciones nucleares y radioactivas nacionales serán realizados dentro del absoluto respeto a las normas nacionales que regulan la seguridad, la protección física y radiológica de los individuos y la preservación del medio ambiente, considerándose incluso el retiro de la comisión de las instalaciones.
- El PNB deberá garantizar la preservación y la ampliación de las competencias científicas y tecnológicas del país en el área, garantizando la disponibilidad de recursos humanos suficientes, en términos cuantitativos y cualitativos para su ejecución.
- El PNB mantendrá una política Nacional de Desechos Radioactivos, el cual orienta a los desechos radioactivos generados en el país a ser manejados de forma segura, garantizando la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin imponer ninguna carga indebida a las generaciones futuras.
- El PNB mantendrá un proceso de comunicación con las comunidades, con la sociedad y con el público en general, proponiendo, a través de una postura de cercanía, educación, integración

y transparencia, ampliar la credibilidad en las actividades del sector nuclear nacional.

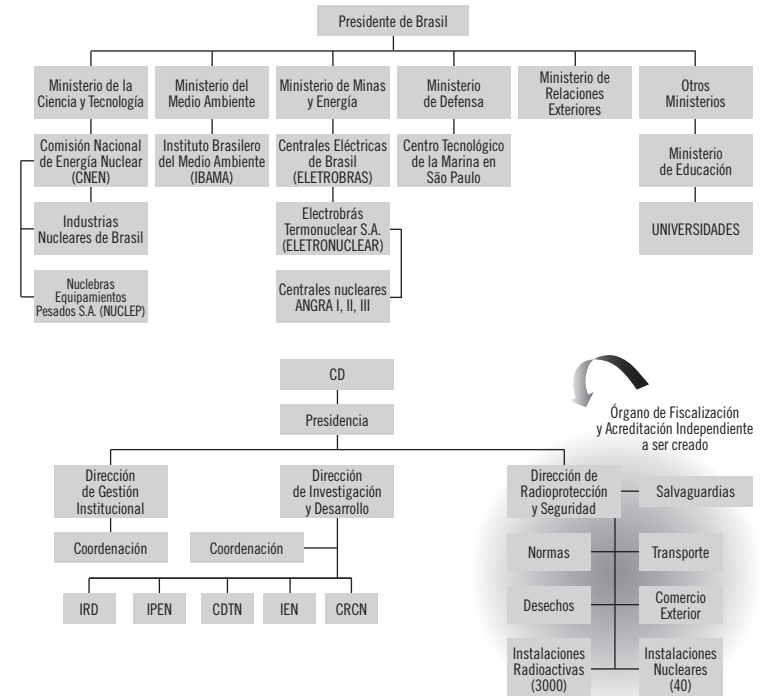
- El marco jurídico y la reglamentación del área nuclear deberán ser revisados para enfocar la reglamentación de los artículos de la Constitución Federal referentes al sector nuclear, actualizar la legislación tomando en cuenta los cambios políticos y tecnológicos y armonizar conflictos entre distintos dispositivos legales, proponiendo dotar al país de un «código nuclear».

Las orientaciones estratégicas específicas del PNB son:

- La electricidad nuclear continuará siendo uno de los componentes de la matriz energética nacional con un papel creciente en la atención de las necesidades de generación eléctrica para el desarrollo sustentable de la sociedad brasilera. Se estudiará la posibilidad de aplicación de reactores de potencia para propulsión naval.
- El uranio es un recurso mineral disponible en gran cantidad en el territorio nacional y será valorizado de forma creciente como insumo energético endógeno.
- Las diversas aplicaciones de la radiación ionizante y de las técnicas nucleares permanecerán siendo utilizadas en el país y desempeñarán un papel creciente en las áreas de la salud, industria, agricultura y medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sustentable de la sociedad brasilera.
- La ejecución del PNB deberá implicar una reducción de la dependencia externa del país en relación a las competencias científicas y tecnológicas. El país deberá ampliar y actualizar su infraestructura tecnológica, así como la capacitación de los recursos humanos.

El organigrama a continuación muestra los principales ministerios e instituciones involucradas en el PNB. El Ministerio de la Ciencia y Tecnología comanda la CNEN (investigación y regulación), la INB (ciclo del combustible) y la NUCLEP (equipos pesados); el Ministerio del Medio Ambiente comanda el IBAMA (acreditación ambiental); el Ministerio de Minas y Energía comanda la ELECTRONUCLEAR que es la operadora de las plantas nucleares; y el Ministerio de Defensa comanda el CTMSP (propulsión nuclear).

Particularmente, la CNEN tiene un papel en el desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos a través de sus Institutos de Investigaciones. Las aplicaciones de técnicas nucleares y abastecimiento de radioisótopos para la producción de radiofármacos son puntos importantes en los institutos de investigación de la CNEN. Hoy también la CNEN es responsable de la regulación de la seguridad y radioprotección de las instalaciones nucleares y radioactivas del país. Este papel, mientras tanto, será retirado de la CNEN, pasando a existir una Agencia Reguladora Nuclear subordinada directamente al Ministerio. Esto viene en concordancia al principio establecido por el PNB de una regulación fuerte y transparente para la acreditación de las instalaciones nucleares y radioactivas, siguiendo el ejemplo de lo proclamado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) y que fue adoptado por varios países con programas nucleares y plantas de potencia.



## 6. DESECHOS RADIOACTIVOS

Todos los desechos radioactivos generados en las plantas nucleares deben ser almacenados de forma segura y aislados del público y del medio ambiente. Los desechos son clasificados en: desechos de alta actividad (elementos combustibles irradiados); desechos de media actividad (resinas de purificación y fluidos de proceso); y desechos de baja actividad (material descartable usado en la operación y mantenimiento).

Los desechos de alta actividad de las plantas nucleares son almacenados en piscinas en el interior o en el exterior de las plantas, con capacidad para toda la vida útil de operación de la planta. Los desechos de media actividad deben estar almacenados en terrenos adecuadamente preparados junto a la planta y deben tener toda capacidad para toda la vida útil de la planta. Los desechos de baja actividad también deben estar almacenados en terrenos localizados cerca de la planta.

La CNEN tiene la responsabilidad de implementar la Política Nacional de Desechos Radioactivos y posee los siguientes proyectos:

- Repositorio para Desechos de Bajo y Medio Nivel de Radiación. Objetivo: concebir, proyectar, acreditar, construir, y comisionar el Repositorio Nacional para Desechos Radioactivos de Bajo y Medio Nivel de Radiación.
- Desarrollo de Recipientes para el Transporte y el Almacenaje de Combustibles Irradiados. Objetivo: definir, desarrollar, construir y cualificar un recipiente para el transporte y otro recipiente para el almacenaje de combustibles irradiados de centrales nucleares de potencia.

## 7. SEGURIDAD NUCLEAR

La Dirección de Radioprotección y Seguridad de la CNEN, que, en breve, se volverá una Agencia Reguladora Nuclear (proyecto encajinado a análisis en los Ministerios), tiene como atribuciones la

acreditación y control de las instalaciones nucleares y radioactivas brasileras; esto incluye las plantas nucleares, la minería y beneficiación del uranio, las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, los reactores de investigación, el manejo y los depósitos de desechos radioactivos, las instalaciones médicas, industriales y de investigación, y el transporte de materiales radioactivos. Ella desarrolla normas para el área nuclear, realiza el control de importación y exportación de material nuclear y fuentes radioactivas, certifica a los operadores de reactores y los supervisores de protección radiológica, y participa del planteo y respuesta a las emergencias radiológicas.

Brasil también participa del régimen Global de Seguridad Nuclear, adherido a las convenciones internacionales, adoptando normas y patrones para la seguridad, y participando de revisiones entre las partes. Esto se aplica a las plantas nucleares.

### *Convenciones Internacionales de Seguridad Nuclear*

- Protección Física de los Materiales Nucleares
- N. 115 de la Organización Mundial del Trabajo
- Responsabilidad Civil por Daños Nucleares
- Notificación en Caso de Accidentes Nucleares
- Asistencia en Caso de Accidente Nuclear o Protección Radiológica
- Seguridad Nuclear
- Conjunta Seguridad de los Combustibles irradiados y Desechos Radioactivos

### *Normas y Patrones de Seguridad*

- La CNEN emite sus normas basadas en los patrones de seguridad de la AIEA
- Patrones Industriales de Brasil y del país suministrador

### *Revisión entre las partes*

- IRRT – International Regulatory review Team (AIEA)
- OSART – Operational safety Review Team (AIEA)

- WANO – World Association Nuclear Operators
- INPO – Institute of Nuclear Power Operators

## 8. POLÍTICA NUCLEAR INTERNACIONAL

La Constitución de Brasil afirma en su artículo 21 que «toda actividad nuclear en el territorio nacional solamente será admitida para fines pacíficos y mediante la aprobación del Congreso Nacional». Esto garantiza el carácter pacífico y anti-proliférico del Programa Nuclear Brasileiro. Brasil también se adhirió a varios tratados internacionales, destacándose:

- *Tlatelolco* – Tratado sobre la prohibición de armas nucleares en Latino América.
- *Tripartite* – Acuerdo de Salvaguardias entre Brasil, Argentina, y la Agencia Brasil Argentina de Contabilidad y Control de Material Nuclear (ABACC), estableciendo el Sistema Común de Contabilidad y Control de Material Nuclear (SCCC).
- *Cuadripartite* – Acuerdo de Salvaguardias entre Brasil, Argentina, Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) y la ABACC.
- *TNP* – Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares.

Brasil mantiene un sistema nacional de control de materiales nucleares por la CNEN, y recibe inspecciones de salvaguardias por los organismos internacionales ABACC y AIEA, demostrando tener un sistema transparente de utilización de los materiales y actividades nucleares.

## CONCLUSIONES

Brasil explora el área nuclear desde la década del 50 como una de las fuentes posibles de generación de energía eléctrica. Posee dos plantas

nucleares en funcionamiento y una tercera en construcción, correspondiendo aproximadamente al 2% de la potencia eléctrica instalada en el país, garantizando una energía firme al sistema eléctrico integrado brasileiro. El Plano de Energía 2030 prevé la construcción de cuatro plantas nucleares más, aumentando un total superior a los 4 GW de potencia eléctrica. Brasil posee una gran reserva de uranio y domina el ciclo del combustible nuclear, poseyendo un parque industrial que permite suprimir el combustible para las plantas nucleares actuales y futuras del país. Existe una estructura organizacional compatible con la operación y fiscalización del sector nuclear, garantizando la seguridad en la utilización de la energía nuclear. Existen proyectos en el área del tratamiento y acondicionamiento de los desechos radioactivos para periodos largos, garantizando el respeto a las futuras generaciones y al medio ambiente. Brasil participa de las varias convenciones sobre la seguridad en la utilización de energía nuclear, y firmó tratados que garantizan la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos y la aplicación de salvaguardias por organismos internacionales.

Brasil, ciertamente, se encuentra apto para utilizar la energía nuclear de forma creciente y segura en su matriz energética, considerando esta forma de energía como una oportunidad al crecimiento sustentable del país.

# III

TERCERA PARTE

Los desafíos del desarrollo y de la integración  
de América Latina

# 10.

## LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE: «UNA MIRADA REGIONAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SEGURIDAD Y GEOPOLÍTICA»

JOHN GRIFFITHS SPIELMAN

Para abordar el presente tema, sobre la energía y el medio ambiente —a través de una mirada regional— desde la perspectiva de la seguridad y geopolítica, comenzaré por destacar los factores decisivos globales, que hoy se encuentran afectando con mayor fuerza el actual escenario internacional en sus diversas dimensiones. A continuación, junto con proponer una noción de seguridad, que, en mi opinión, refleja en forma más exacta los fenómenos que deben estar dentro de su área de acción, estableceré dónde deben ser encuadrados los temas de energía y medio ambiente. Luego me referiré al enfoque de la energía y el medio ambiente desde la perspectiva de la seguridad y de la geopolítica, para finalizar —a modo de conclusión— con algunas consideraciones finales.

## INTRODUCCIÓN

Una de las características más sobresalientes del actual escenario internacional, es la rapidez con que se suceden los cambios y avances tecnológicos; en suma, la velocidad del conocimiento.<sup>1</sup> Lo anterior, produce en las personas y los correspondientes procesos de toma de decisiones gran incertidumbre, al no poder adaptarnos rápidamente a la velocidad del cambio por una parte y a la gran cantidad de información por otra. Sin embargo, si quisiéramos visualizar qué factores van a desempeñar un rol clave en el futuro inmediato en el escenario internacional, podríamos mencionar, al menos, los siguientes: población, pobreza y conflicto, energía, ecosistema, urbanización, tecnología y administración del conocimiento.

En cuanto a población, se sabe que a la fecha somos 6.300 millones de habitantes y que probablemente el 2015, alcance los 7.200 millones en el planeta; la mala noticia es que el mayor crecimiento ocurrirá en las áreas geográficas menos desarrolladas y más pobres.<sup>2</sup> La pobreza continúa siendo una de las principales vulnerabilidades del sistema internacional; bajo la pobreza se generan condiciones para la eclosión de fenómenos violentos y conflictos en general. En Latinoamérica y el Caribe, los pobres son un 33,2% de la población, (182.000.000 de personas). De ellos, un tercio, o sea el 12,6%, (más de 60.000.000) viven en pobreza extrema.<sup>3</sup>

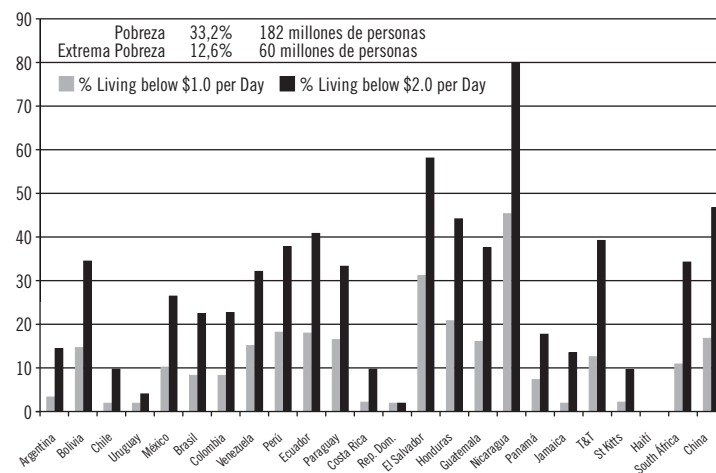
Respecto de la energía, Latinoamérica posee el 8,9% de las reservas globales del mundo en materia de petróleo y gas. La administración del ecosistema continúa siendo débil, existiendo en la región

<sup>1</sup> En 1965 Gordon Moore, co-fundador de Intel Corporation, productora de microprocesadores, predijo que la densidad de los transistores en un microprocesador se duplicaría cada 18 a 24 meses. Esa afirmación, hoy conocida como la «Ley de Moore», ha venido cumpliéndose exactamente.

<sup>2</sup> National Intelligence Council (NIC). *Global Trends 2015: A Dialogue About the Future With Nongovernment Experts*. En: [http://www.dni.gov/nic/NIC\\_globaltrend2015.html](http://www.dni.gov/nic/NIC_globaltrend2015.html)

<sup>3</sup> En: <http://www.caribbeanpressreleases.com>. Dichas cifras representan el porcentaje al año 2008.

### POBREZA VERSUS POBREZA ABSOLUTA EN AMÉRICA LATINA

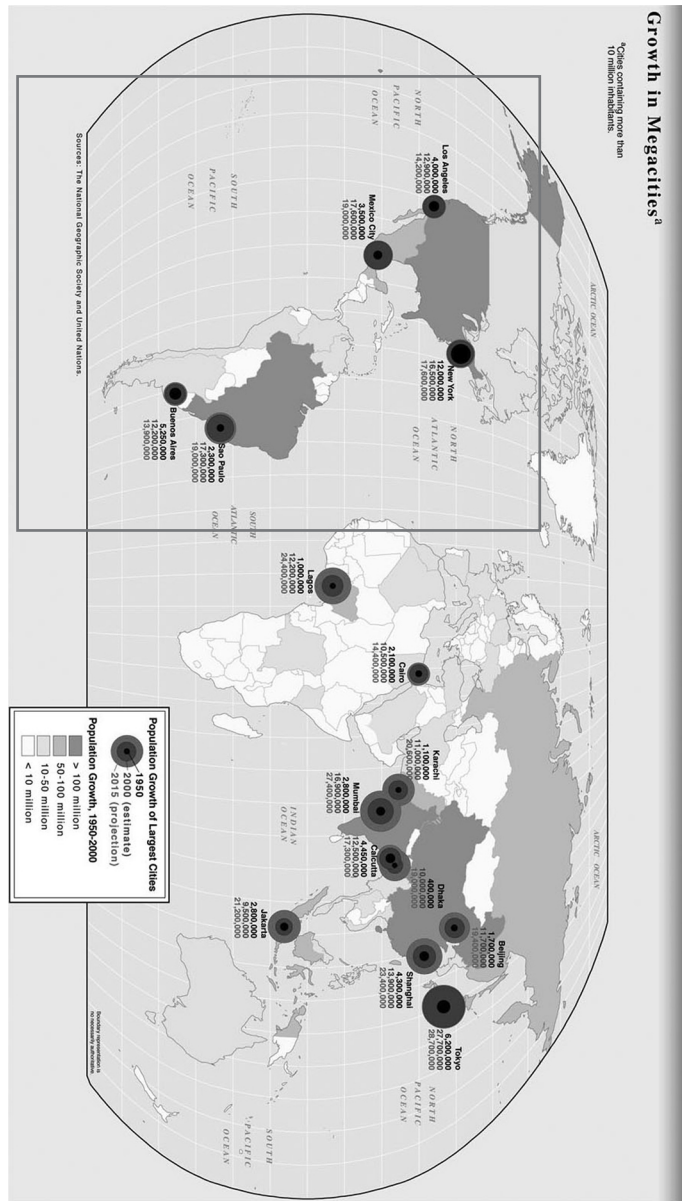


latinoamericana un bajo nivel de normas y cumplimiento de ellas. El fenómeno de la urbanización es una de las salientes más relevantes de la región, en la cual existen ya tres mega-ciudades con más de 10 millones de habitantes: Ciudad de México, São Paulo y Buenos Aires.<sup>4</sup>

En tecnología y administración del conocimiento, el mundo avanza a un ritmo anteriormente descrito, sin embargo la región está lejos de dicha tendencia, tanto por las cifras en investigación y desarrollo, como por número de patentes anuales. Con todo, la humanidad ha sido capaz de generar, en total, mayor riqueza y energía que la capacidad de crecimiento humano; la mala noticia es que ello, además, ha significado mayores niveles de contaminación. El siguiente cuadro refleja lo anteriormente expuesto:<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Op. cit. *Global Trends 2015*.

<sup>5</sup> Nebojša, Nakicenovic. *The Changing World Energy, Climate & Social Futures*. Technische Universität Wien. International Institute for Applied Systems Analysis. Seminario desarrollado en Viena, Austria, desde el 13-14 noviembre 2007. Artículo y presentación entregada al autor del presente artículo, por el Dr. Nakicenovic.



MEGACIUDADES AL 2015

## FACTORES DE CRECIMIENTO. ÚLTIMOS 200 AÑOS

	1800	2000	FACTOR
Population (billion)	1	6	x6
GDP PPP (trillion 1990 \$)	0.5	36	~x70
Primary Energy (EJ)	12	440	~x35
CO <sub>2</sub> Emissions (GtC)	0.3	6.4	~x20

El verdadero desafío para el futuro inmediato de la región estará dado por responder a la satisfacción de las necesidades más urgentes de la población sabiendo que ella tendrá un aumento sustantivo y que, a la fecha, las cifras de pobreza representan una de las mayores vulnerabilidades.

## 2. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE: ¿PROBLEMA DE SEGURIDAD O DE DESARROLLO?

Una tendencia muy extendida —hoy en día— es considerar a los problemas de energía y medio ambiente como un problema de seguridad, incluso se habla de seguridad energética o seguridad medioambiental. A juicio de este autor y como una de las principales propuestas, es señalar que ni la energía ni el medio ambiente es un problema de seguridad, sino que de desarrollo y bienestar, respectivamente. Lo anterior significaría que la seguridad se vuelva un concepto tan amplio que todo estaría bajo dicho ámbito, es lo que muchos han llamado la securitización de la agenda. El problema radica en la existencia de dos conceptos sobre la seguridad. Uno restrictivo, que la relaciona solo con la preparación, uso y empleo de la fuerza militar,<sup>6</sup> y otro amplio que incluye fenómenos políticos, sociales, económicos

<sup>6</sup> Walt, M. Stephen. «The Renaissance of Security Studies». *International Studies Quarterly*. 1991, Vol. 35, N° 2, pp. 212-213.

y ambientales,<sup>7</sup> lo que llevó a nivel regional acuerdo y consenso hemisférico en la Conferencia Especial de Seguridad, realizada en México, 2003, a denominar a la seguridad como un fenómeno multidimensional por la diversa cantidad de factores que la afectan.

En consecuencia, para resolver el dilema de si la energía y el medio ambiente son temas del ámbito de la seguridad o el desarrollo, efectuaré una nueva proposición de una noción de seguridad en el contexto de un Estado moderno. Dicha propuesta se encuentra en un campo intermedio comparada con las dos anteriores, pero se estima de mayor profundidad, asumiendo un conjunto de premisas básicas que validarán la propuesta.

Una primera premisa básica, presupone la existencia de un Estado moderno con un proceso de consolidación de Estado-Nación maduro. Es decir, un Estado con un buen nivel de gobernabilidad, institucionalidad, equilibrio de poderes, rendición de cuentas y unidad nacional. En síntesis, un Estado con un aceptable nivel de desarrollo, seguridad y bienestar, tres elementos que constituyen y dan forma al concepto de bien común, finalidad última de esta forma de organización política. En dicho contexto y para los objetivos del presente trabajo, tendremos en cuenta —como segunda premisa básica— que el Estado-Nación, continúa siendo el principal actor del escenario internacional, reconociendo que hoy comparte muchas funciones y protagonismo con otros actores, tales como las organizaciones internacionales, no gubernamentales, transnacionales, etc. Sin embargo, aún cuando el Estado-Nación ya no ejerza en forma absoluta la soberanía de su pueblo y territorio, sí es el órgano que la administra, tanto en el plano interno como en el externo. Continúan siendo los Estados-nacionales los principales objetos y sujetos del Derecho Internacional. En otras palabras, las funciones de seguridad y defensa nacional encuentran en el Estado-nacional el principal vehículo para su expresión.

Una tercera premisa básica, es asumir que, dentro de la totalidad de las funciones políticas de un Estado, la seguridad y el

<sup>7</sup> Buzan, Barry. *People States and Fear: An Agenda for International Security Studies in the Post Cold War Era*. Colorado, Lynne Rienner Publishers, 1991, p. 19.

desarrollo son dos medios trascendentales —o dos necesidades vitales permanentes— para el logro del bien común. En otras palabras, la seguridad y el desarrollo son dos caras de una misma moneda denominada bienestar de la persona humana, objeto y sujeto del bien común, objetivo supremo de la función de un Estado, dirigida a quienes son la fuente de su soberanía, los ciudadanos del Estado-Nación.

Una cuarta premisa básica, es asumir que en el funcionamiento de un Estado-Nación existen fenómenos que afectarán el logro o la consecución de sus objetivos nacionales. De allí que debamos analizar a dichos fenómenos de acuerdo a su diversa naturaleza. Algunos de ellos serán de naturaleza militar e impactarán al ámbito de la seguridad en lo general y, en lo particular, al de la defensa nacional. Otros, sin embargo, serán de naturaleza no militar afectando el ámbito del desarrollo o el bienestar general e individual. De allí que sea necesario clasificarlos convenientemente a objeto de definir a qué función del Estado afectan.

Consecuentemente, se propone la siguiente clasificación:<sup>8</sup>

- *Amenazas de naturaleza militar*: Considerar dentro de esta clasificación a todos aquellos fenómenos de naturaleza militar que

<sup>8</sup> Griffiths, John. Tesis doctoral: *Análisis de la evolución de los conceptos de seguridad y defensa nacional desde el término de la Guerra Fría, en los casos aplicados de EE.UU. de A, Perú y Chile*. Universidad de Santiago de Chile, 2008. Clasificación y conceptos difundidos además en las siguientes publicaciones: Griffiths, John. «Seguridad Hemisférica en América Latina. Alcances y Proposiciones». *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*. Universidad de Georgetown y Uniersia, Volumen 1, Numero 1, año 2007, Washington DC, pp. 88-105; «Seguridad y Defensa: Un Debate Hemisférico en Desarrollo». *Military Review, Edición Hispano Americana*. Julio-Agosto 2008, pp. 21-30; «Seguridad en Latinoamérica: Una mirada crítica desde Chile». *UNISCI Discussion Paper*. N° 18, Octubre 2008, Universidad Complutense, Madrid, España, pp. 147-158; «Procesos de Integración Regional en Defensa: ¿Consejo Sudamericano de Defensa —UNASUR— Un nuevo intento?». *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*. Universidad de Georgetown y Uniersia, Volumen 3, Numero 1, año 2009, Washington DC, pp. 104-119; «An analysis of the conceptualization of security in Latin America and its impact on the regional scenario». *Armed Forces and Society: New Challenges and Environments*. IPSA, CESIM, Chile, Santiago, IGM, 2009.

afecten los intereses de un Estado. En otras palabras, todas las acciones posibles de expresarse en un conflicto armado entre dos Estados.

- *Amenazas de naturaleza no militar*: Considerar principalmente a todos los fenómenos de naturaleza violenta y, a veces de carácter transnacional, desencadenados con una intencionalidad definida, para producir daño físico a la persona humana. Involucra, complementariamente también, todos los delitos tipificados tanto en la legislación interna de un país, como en la legislación internacional. Se encuentran dentro de esta clasificación, entre otros fenómenos, el terrorismo, tráfico de drogas, organizaciones criminales, tráfico de armas de destrucción masiva, etc.
- *Riesgos estructurales*: Son aquellos fenómenos que afectan el logro de condiciones materiales y de bienestar de la persona humana, sin que necesariamente y directamente involucren un riesgo a la seguridad física de la persona humana. Se encuentran dentro de esta clasificación, entre otros factores: la pobreza, inestabilidad económica, desigualdad económica, corrupción, etc. Los riesgos, muchas veces, crean las condiciones necesarias para posibilitar y favorecer la eclosión de amenazas de naturaleza no militar. De allí que, muchas veces la pobreza, exclusión, desigualdad económica y corrupción establezcan las condiciones necesarias para el surgimiento de organizaciones delictivas o criminales. Sin embargo, sí es importante destacar que los riesgos estructurales *per se* no constituyen una amenaza a la seguridad, sino que son un factor que debe preocupar principalmente a las políticas de desarrollo de un Estado-Nación.
- *Eventos catastróficos*: En esta clasificación, consideraremos dos tipos de eventos. Los primeros, generados principalmente por la acción de la naturaleza, difícil de predecir, y con resultado de pérdida de vidas humanas, denominados eventos catastróficos naturales. En este tipo de eventos se consideran los desastres naturales como terremotos, tsunamis, explosiones volcánicas, etc. El segundo tipo son aquellos eventos catastróficos generados por la acción del hombre y que provocan pérdidas de vidas

humanas, denominados eventos catastróficos humanos. En esta clasificación encontramos, entre otros fenómenos, a toda epidemia transmitida por el hombre y que resulta en la pérdida de vidas humanas tales como el SIDA, y todo tipo de enfermedad infecto-contagiosa. O bien, desastres catastróficos provocados por la acción humana, que involucren el riesgo de vidas como explosiones químicas, derrame de sustancias peligrosas, propagación de radioactividad, etc.

En consecuencia, los diferentes fenómenos aún cuando estén íntimamente relacionados, poseen una naturaleza distinta que debe ser tomada en cuenta al momento de disponer el empleo de los medios estatales para su neutralización o superación. En dicho contexto, la seguridad como condición y función política del Estado, aborda el conjunto de las amenazas de naturaleza militar y no militar que puedan afectar a dicho Estado, en tanto estas sean en esencia violentas<sup>9</sup> por su naturaleza, exista una intencionalidad humana detrás de su accionar e implique la pérdida de vidas humanas. Es decir, cuando se exprese la trilogía: violencia, intencionalidad y fatalidad con alguna finalidad política. De allí que, solo debiéramos considerar a las amenazas como los fenómenos afectando el ámbito de la seguridad.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Violencia definida, de acuerdo a John Keane, como «el acto de ejercer fuerza física en contra de otra persona, especialmente cuando da como resultado la muerte o el daño físico». De allí que se sostenga que ella se expresa por razones de intencionalidad humana. En consecuencia, la violencia comprende, en este estudio y propuesta, las manifestaciones de violencia política y violencia individual. Ver Keane, John. *Reflections on Violence*. Londres, Editorial Verso, 1996, p. 66. No se comparte la propuesta de Johan Galtung sobre «violencia estructural» por considerarse que ello es factor de desarrollo y no de seguridad. Ver Galtung, Johan. *Peace: Research, Education, Action*. Copenhague, Ejlers Forlag, 1975.

<sup>10</sup> Op. cit., Griffiths, John. *Tesis doctoral*. Cuadro desarrollado por el autor.

## DECLARACIÓN SEGURIDAD MÉXICO 2003. MULTIDIMENSIONAL.



En suma, de acuerdo a esta propuesta, la energía y el medio ambiente son temas que no están en el ámbito de la seguridad, sino que en el del desarrollo y bienestar, y ello no significa reconocer que entre la seguridad, el desarrollo y bienestar exista una relación estrecha e interdependiente.<sup>11</sup>



## 3. UNA MIRADA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SEGURIDAD Y DE LA GEOPOLÍTICA

Así como existe, hoy en día, una mirada amplia de la seguridad para incluir a la energía y el medio ambiente en su esfera de acción, de igual forma, la geopolítica, como disciplina,<sup>12</sup> intenta incluir estos temas en su esfera de acción. Para el autor del presente artículo, ambos temas no son un concepto geopolítico nuevo ya que siempre han estado en los componentes que definen los factores de poder. A modo de ejemplo, Hans Morgenthau ya los consideraba en su definición básica de poder.<sup>13</sup>

## REALISMO. CUADRO DE FACTORES DEL PODER NACIONAL DE ACUERDO A HANS MORGENTHAU

SUMA DE LOS SIGUIENTES FACTORES DE PODER
Geográficos
Recursos naturales
Capacidad industrial
Preparación militar
Población
Carácter nacional
Moral nacional
Calidad de la diplomacia
Calidad del gobierno

A mayor abundamiento, Kenneth Waltz, autor neorrealista, define que las capacidades de poder de un Estado pueden ser clasificadas en las siguientes áreas:<sup>14</sup> recursos, tamaño de población y

<sup>12</sup> En función de su cuerpo teórico, ya sea que se denomine geografía política o geopolítica.

<sup>13</sup> Morgenthau, Hans. *Politics Among Nations: The Struggle for Power and Peace*. New York, 2da. Edición, 1956, pp. 102-137.

<sup>14</sup> Waltz, Kenneth. *Theory of International Politics*. Addison Wesley, 1979, p. 131.

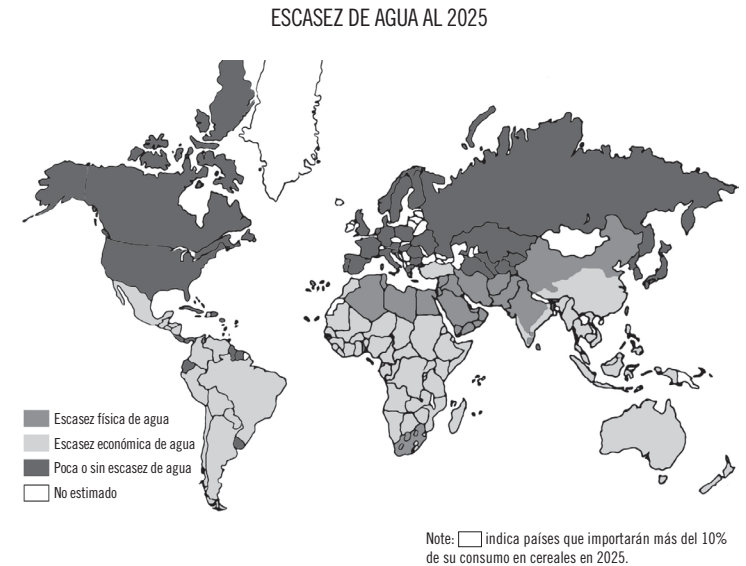
<sup>11</sup> *Ibíd.*

territorio, capacidades económicas, fuerza militar y estabilidad política. La energía siempre se ha considerado un recurso del Estado, componente clave para su desarrollo. Ahora bien, desde la perspectiva del neoliberalismo, Joseph Nye ha considerado y propuesto que la noción de poder «se relaciona tanto con los elementos materiales del poder como con la fuerza militar, capacidad económica, población etc., como con elementos intangibles que generan prestigio y atracción a las políticas de un Estado». <sup>15</sup> De esta forma, la energía y el medio ambiente son parte indisoluble de las dimensiones de poder en las diversas escuelas de pensamiento señaladas.

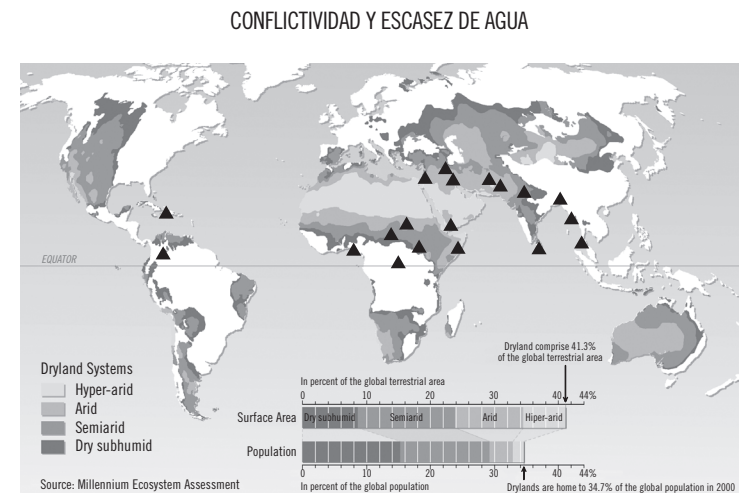
Ahora bien, si revisamos las escuelas de geopolítica de la región <sup>16</sup> en el período de Guerra Fría, podremos constatar que el debate entre estas, estuvo centralizado en las capacidades estratégicas para incrementar el poder relativo de cada Estado enmarcado en un contexto de fuerte competencia y juegos de suma cero. De esta forma, conceptos como dominar por proyección dieron contenido a las ideas geopolíticas de posicionamiento bioceánico, o bien los conceptos que favorecían la dominación por ubicación expresaron el concepto de puerto clave hacia Europa o el Asia Pacífico. En todo caso, en dichas escuelas el medio ambiente no tenía la relevancia que sí posee hoy. Actualmente, las Escuelas de Geopolítica han tenido un giro en los conceptos centrales, ya que sus conceptos están centrados en los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente, o de áreas geográficas que se estiman como de gran relevancia (Amazonas, Campos de Hielo, Antártida). Junto a lo anterior, vale la pena destacar que la energía como recurso se encuentra hoy en día siendo usada como un recurso de negociación y presión por algunos Estados. A lo anterior se suma el agua que, como recurso natural, se estima está llamado a convertirse en el recurso estratégico del siglo XXI. Lo anterior en función de la escasez que ya se evidencia en diversas áreas geográficas.

<sup>15</sup> Nye, Joseph S. *Soft Power: The Means to Success in World Politics*. New York, Public Affairs, 2004.

<sup>16</sup> Nos referimos principalmente a las escuelas de Geopolítica Argentina, Brasileña, Peruana y Chilena.



Si a la escasez de agua le sobreponemos el gráfico de conflictividad, se obtiene el siguiente cuadro.



De allí que, el agua como recurso natural está presente en la mayoría de las políticas de defensa de numerosos países de la región. A modo de ejemplo, la política de defensa argentina señala que «se debe disponer de un instrumento militar apto para: defender a los habitantes, la integridad territorial y los recursos naturales».<sup>17</sup> A lo anterior, se suma la postura de Brasil, la que a través de su decreto N° 5.484 de junio de 2005 identifica los siguientes puntos de fricción o potenciales de conflicto: «el Amazonas, la depredación ambiental, el Atlántico Sur, por su riqueza petrolera y gasífera».<sup>18</sup> Se sostiene que existirían ambiciones de otros Estados sobre el territorio y los recursos naturales de Brasil.

En síntesis, a la fecha se está configurando en la región, desde la perspectiva de la geopolítica, un nuevo renacer del tema sobre recursos naturales, ya que ellos —a mi modesto juicio— siempre han estado presentes en los factores de poder de los Estados. Lo que podría ser nuevo es establecer un nuevo ámbito de preocupación para la fuerza, más acorde con el actual escenario internacional.

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

A modo de conclusiones finales, podemos establecer que la energía y el medio ambiente no necesariamente deben ser catalogados como problemas del ámbito de la seguridad, más bien ellos pertenecen a la esfera del desarrollo y el bienestar respectivamente. Más aún, cuando en la nueva matriz energética, el elemento clave es la tecnología capaz de dar solución a dicha necesidad. En otras palabras, la Edad de Piedra no se acabó por la falta de piedras, sino por la capacidad creadora del hombre para utilizar otros medios, a través de su ingenio y evolucionar hacia otro recurso estratégico.

<sup>17</sup> Directiva de la Política de Defensa Argentina, 10 Noviembre 2009.

<sup>18</sup> Decreto Ministerio de Defensa, N° 5.484, del 30 junio de 2005, en que se aprueba la nueva Política de Defensa Nacional.

La región sí posee dificultades para la necesaria integración en materia de energía, ya que ella se continúa utilizando como un medio de negociación y presión, contrario a la cooperación e integración regional. Si a lo anterior, sumamos una integración en infraestructura inconclusa, lo que tenemos son mayores dificultades para avanzar en los procesos de cooperación.<sup>19</sup> Un aspecto que se encuentra siendo acrecentado, cada vez con mayor fuerza, será que el medio ambiente tendrá mayor gravitación en los aspectos militares tanto a nivel local como internacional.

El poder continúa siendo el factor común detrás de los conflictos regionales a pesar del cambio en las variables estratégicas desde la Guerra Fría, al actual escenario regional. Se evidencia solo un cambio de énfasis en las dimensiones que conforman el poder ya sea en sus dimensiones tradicionales o más duras, o bien en las más intangibles o blandas como las define Joseph Nye en su clasificación.<sup>20</sup>

El agua bien puede convertirse en el recurso estratégico del siglo XXI. La región la posee en abundancia y ello debe ser estudiado, a objeto de prever, tanto su explotación como consecuencias y potencialidad de conflicto.

<sup>19</sup> Ver Griffiths, John. «Procesos de Integración Regional en Defensa: ¿Consejo Sudamericano de Defensa —UNASUR— Un nuevo intento?». *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*. Universidad de Georgetown y Universidad de Washington, Volumen 3, Número 1, año 2009, Washington DC, pp. 104-119.

<sup>20</sup> Op. cit., Nye, Joseph S. *Soft Power: The Means to Success in World Politics*.

# 11.

## MOMENTOS *PALMERSTONIANOS*. RETÓRICA INTEGRACIONISTA Y CONDUCTAS DIVISIVAS A LA LUZ DE LA CUMBRE ENERGÉTICA, 2007

IVÁN WITKER

«No tenemos aliados permanentes ni enemigos eternos... nuestros intereses son eternos y nuestro deber es servir a esos intereses».<sup>1</sup>

Lord Palmerston

### INTRODUCCIÓN

La cumbre energética de Isla Margarita en Venezuela, representa un verdadero parteaguas en la distribución de poder subregional y, por

---

<sup>1</sup> Citado por Kissinger, H. en «Diplomacia» (95:91).

lo mismo, su génesis, implementación y proyecciones, corresponde sean examinadas cual mini-laboratorio.

La hipótesis de este trabajo se basa en que la *petrodiplomacia* chavista logró arrebatarse a la política exterior brasileña una de sus prioridades, cual era (y sigue siendo) convertirse en el gran articulador e interlocutor sudamericano, al convocar subrepticamente a una Cumbre Energética en la Isla Margarita en abril de 2007. La reflexión se complementa con el supuesto que Itamaraty (Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil), que reaccionó con la tranquilidad que da el tamaño y las proyecciones de Brasil; incluyendo lo obvio, un liderazgo venezolano no se divisa sustentable. La premisa fundamental de este trabajo la da el *dictum* sobre las alianzas en la arena internacional de quien fuera Premier británico a mediados del s. XIX.

Como conclusiones se proponen dos lecturas de carácter geoestratégico al problema planteado. Uno: la reacción de los demás países sudamericanos ante la *petrodiplomacia* responde más a una conducta de naturaleza *bandwagoning* (Walt), aliándose con el más poderoso, que a una convicción de tipo cooperativo. Dos: los proyectos de integración subregionales siguen siendo, en su esencia, volátiles, debido a la precariedad político-institucional y al voluntarismo anidado en los círculos de toma de decisión del espacio subregional. Un factor que alimenta la reacción de los demás países sudamericanos es el surgimiento de un neopopulismo de inclinaciones transnacionales, que marca un punto de inflexión. No habiendo afinidad, las alianzas son necesariamente frágiles y volátiles.

## 1. PETRODIPLOMACIA: RELACIONES TEMPESTUOSAS, ACUERDOS FUGACES

Entre el 16 y 17 de abril de 2007 se reunieron en Isla Margarita, Venezuela, los presidentes de los 12 países sudamericanos. ¿El motivo? Una reunión cimera, pomposamente llamada *Cumbre Energética de América del Sur*. Poco se discutió en esa ocasión sobre energía. Salvo aquellas cuestiones formales necesarias para validar la

convocatoria. En realidad, el anfitrión, el presidente venezolano, Hugo Rafael Chávez, tenía como gran objetivo plantearles a sus convidados la concreción de un nuevo pacto integracionista. Su nombre, UNASUR. Los presentes en la cita, agobiados por la crisis energética en sus respectivos países, aprobaron sin más. Felices. De la mano de los hidrocarburos nació un acuerdo ejemplar, *entre hermanos*, y en el seno mismo del sur.

Como la idea no era original de Chávez, sino de la diplomacia brasileña, que venía trabajando una serie de encuentros con miras a una Comunidad Sudamericana, los venezolanos urdieron un llamado, que pareciese tan urgente como generalizado, para que vecinos y paravecinos de la América del Sur entera, se sentasen a analizar los graves problemas energéticos por los que atravesaban todos en ese momento y surgiese, *espontáneamente*, la idea imperiosa de formar una alianza nueva, acotada a tratar asuntos de interés propios de Sudamérica. La energía lo era. Chávez planteaba, con hechos y con palabras, la urgencia de acelerar la propuesta integracionista que venía elaborando Itamaraty, casi con excesiva parsimonia a su entender. La coartada de las necesidades energéticas no podía ser más oportuna. Las sonrisas de sus contertulios avalaba todo. Nació UNASUR. Salvo el pequeño detalle: nació de las cenizas de la Comunidad Sudamericana. En la propuesta de Chávez hacía carne el *locus classicus* de Palmerston: no hay amigos ni enemigos eternos.

La propuesta e itinerario elegidos por la diplomacia brasileña había partido con la Cumbre Sudamericana, realizada en septiembre de 2000, justamente en Brasilia. En ella, Itamaraty procuró sondear los ánimos prevalecientes en torno a una cuestión que, por entonces, parecía altamente sensible, cual era *cortar* un área de intereses latinoamericanos, separando a América del Sur del resto de la región. Itamaraty actuó con delicadeza y cautela; sabía que estaba provocando con esto una incisión histórica, casi revolucionaria. No hay registros de una propuesta tan osada, que rompiese lo que hasta ese momento parecía intocable e inmutable: América Latina debía ser entendida, máxime por los mismos latinoamericanos, como un todo indivisible. Trizarla era atentar contra José Vasconcelos mismo; plantearla, el suicidio político e intelectual. Quizás solo el ABC, a comienzos del siglo XX, representaría un paralelo equivalente, aunque en esa

oportunidad, la idea se basaba en las capacidades geopolíticas y peso económico individuales de los tres estados participantes. Esta vez, la *propuesta sudamericana* de los brasileños no solo aspiraba a congregar un *logos* sudamericano, como germen de una nueva identidad, sino que tenía un objetivo adicional muy ambicioso, delimitar la influencia mexicana. Con ello, Brasilia aparecería ante el mundo como un gran articulador y reforzaría la idea de que los países del sur del continente deberían tener un sillón permanente en el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas, el cual caería *naturalmente* sobre Brasil. Mirado en perspectiva histórica podría conjeturarse que pervivía en la diplomacia brasileña un sueño inspirado en la Doctrina Monroe, esta vez, Sudamérica para los brasileños.

Andrés Oppenheimer, en su libro *Cuentos Chinos*, refuerza la idea de que Itamaraty se empeñó, por esta vía, en separar América del Sur del resto de Latinoamérica con una lógica nítidamente geopolítica. Dejaba fuera a México, que le representa competencia en la región, dada su gran capacidad industrial, y que ha mostrado ambiciones similares de ostentar liderazgo. La lectura de Itamaraty de los movimientos geopolíticos en el hemisferio decía que los mexicanos, tras la firma del NAFTA, estaban volcados a Norteamérica y habían entrado en un proceso (irreversible quizás) de *des-latinoamericanización*. Los más optimistas pensaron que la apuesta de separar a América del Sur era, incluso, hasta bien vista por el gobierno mexicano. Al menos, *sottovoce*.

El resultado de la cumbre de Brasilia en 2000 fue valorado positivamente por Itamaraty. Se detectó ánimo de convergencia, y se firmó un documento conocido como IIRSA (Iniciativa para la Integración Regional de América del Sur), que delimitó posibles áreas de integración específica, destacando como prioridad común el desarrollo de proyectos supra regionales de infraestructura. Además, se decidió trabajar para una segunda cumbre, que sellase más compromiso político con la idea de convergencia sudamericana. Comenzó la búsqueda de una sede apropiada. No podía ser nuevamente Brasilia, pues se habría producido un exceso de evidencias pro-brasileñas. Se barajaron múltiples opciones. Por ejemplo, pese al declive argentino, la realización de la segunda cumbre en Buenos Aires, corría el riesgo de ser instrumentalizada por el viejo rival. Argentina mantenía aún

capacidad, al menos en lo discursivo, como para haberse acoplado de manera activa al proyecto brasileño. El peligro de desatar una dinámica incómoda llevó a descartar una ciudad argentina como sede. Luego, el Chile de Ricardo Lagos no era percibido como un emblema del integracionismo subregional; el país pasaba por una tensión con Bolivia, a la vez que el mandatario chileno no se mostraba cómodo compartiendo escenario con el Presidente Chávez y parecía más interesado en el TLC con EE.UU. y en reforzar el vínculo con Asia-Pacífico. Lagos era visto como un político algo exógeno a los problemas locales y su *impasse* energético con Argentina lo estaba llevando a soluciones unilaterales como instalar una planta regasificadora. Bogotá, por su lado, parecía demasiado ensimismada en sus conflictos internos. Inclusive, las FARC, en su cenit operativo, podrían haber dado una sorpresa desagradable durante la cumbre; *ergo*, demasiados peligros al acecho. Paraguay se percibía como ajeno a las preocupaciones comunes y daba la impresión que no le daría realce a una cumbre que debía ser impecable. Caracas quedaba descartada *a priori*, debido al *hybris* de su Presidente que hacía impredecible el desarrollo de la agenda: profundizar las discusiones de la Primera Cumbre, crear una estructura organizativa mínima e incluso bosquejar opciones para la denominación oficial. Todo esto demandaba un ambiente de cierta tranquilidad y Chávez, por su desmesura, no era garantía de aquello. Perú, por su tamaño en la región y su significado para el mundo andino, sin cuyo apoyo entusiasta la idea brasileña no prosperaría, debía reservarse para una tercera —gran— cumbre, con carácter más definitorio. Bolivia, en tanto, vivía momentos de efervescencia, que hacían temer por su integridad territorial, por lo que la cumbre podía terminar en un fiasco mayúsculo. Descartados Guyana y Surinam por su irrelevancia geopolítica del momento,<sup>2</sup> solo quedaban Uruguay y Ecuador. Este último se mostró más receptivo y dúctil que Montevideo a la propuesta brasileña, pues mantenía —en ese momento— buenas y cordiales relaciones con todos los involucrados.

<sup>2</sup> Esta consideración ya no tendría validez al día de hoy. Guyana, por su disputa territorial con Venezuela y centralidad en la lucha antidroga a nivel hemisférico, así como Surinam, por el despliegue espacial francés y ruso, han adquirido un creciente peso geopolítico.

En julio de 2002, se llevó a cabo, entonces, la Segunda Cumbre en la ciudad de Guayaquil, que derivó en la suscripción del llamado Consenso de Guayaquil, donde se acordó un robustecimiento del compromiso político de las partes. Aunque no fue posible establecer una secretaría pro-tempore, la evaluación general de Itamaraty no fue del todo negativa. El ambiente subregional tras Guayaquil seguía siendo proclive a mantener la propuesta de convergencia sudamericana, pero la falta de un trabajo persuasivo se hizo ostensible.

En diciembre de 2004 se efectuó la Tercera Cumbre, esta vez en Cuzco, Perú. A pesar de la ausencia de los presidentes uruguayo y paraguayo, los objetivos planteados originalmente para Guayaquil fueron alcanzados esta vez en Cuzco, y el grupo pasó a llamarse Comunidad Sudamericana con un primer secretario protempore (escogido mediante negociaciones), el ex Presidente ecuatoriano, Rodrigo Borja, cuya biografía política dejaba satisfechos a *moros y cristianos*. Se acordó que la secretaría pro tempore funcionaría en Quito, pero dadas las dificultades de financiamiento e infraestructura, se instalaría provisionalmente en... Brasilia. En una decisión más bien simbólica, y de muy difícil materialización, en Cuzco se «puso en marcha» un mecanismo para dotar a la naciente Comunidad de un Parlamento (buscando como siempre, un símil con la UE) que estaría localizado en Cochabamba. Hasta hoy, poco se sabe de detalles sobre esta idea. En general, tras el Cuzco, Itamaraty mantenía el optimismo, aunque en materia de ritmos y velocidad, el resultado era exiguo. A raíz de ello, Brasil introdujo una Comisión Estratégica de Reflexión, la cual sesionó sucesivamente en Brasilia y Cochabamba, poniendo el foco en la motivación inspiracional y trabajo persuasivo que demandaba la iniciativa.

Ese era el estado de situación al 2007, cuando Chávez se propone acelerar, (arrebataando) el proyecto brasileño e introduciendo una idea cautivante, asumir conjuntamente las urgencias energéticas. Paralelamente, lanza un proyecto concreto, el Gasoducto del Sur, el cual —dijo— uniría Puerto Ordaz con las principales urbes argentinas, atravesando el Amazonas. Pese a estar ajena a todo raciocinio, esta propuesta tuvo inmenso alcance comunicacional, explicable por las estrecheces energéticas que vivían sus vecinos del sur. Un dato no menor que tuvo ante sí Chávez para ponerle acelerador a la

idea brasileña y convocar a Isla Margarita, fue el cambio de gobierno en Chile, donde había asumido Michelle Bachelet a quien el mandatario venezolano divisaba como una nueva gran aliada. El líder venezolano ya había escogido incluso un nuevo nombre: Unión de Naciones Sudamericanas.

Ante la imprevista (y exitosa) maniobra chavista, a la diplomacia brasileña no le quedó otra opción que plegarse activamente para mantener cierto protagonismo y sugirió que la firma del Tratado Constitutivo se firmase en Brasilia (23 de mayo de 2008). Chávez, mostrándose implacable en el control del acelerador, propone una Presidencia pro tempore (por un año) y sugiere el nombre de la que consideraba su nueva gran aliada, Michelle Bachelet, a sabiendas que, por sus características, no iba a ser cuestionada.

El oblicuo camino hacia el UNASUR deja al descubierto que, prácticamente, todos los organismos y entidades integracionistas creadas en la subregión responden, ante todo, al voluntarismo de los tomadores de decisión. Por lo mismo, en el caso de marras, Brasil mantuvo cierta calma y evitó mostrarse molesto o celoso. Por razones de simple tamaño y, desde luego, por condiciones estructurales, Venezuela, ni ningún país sudamericano, está en condiciones de disputarle en el largo plazo a Brasil la capacidad para liderar la subregión.

Sin embargo, la cumbre de Isla Margarita representa para Brasil algo similar a lo ocurrido años después en Honduras. Un Gulliver que no logra entender a liliputanos y blesfuscuences, ni menos —parafraseando a J. Swift— logra enseñarles por dónde se quiebran huevos. Estos ejemplos revelan que a la diplomacia brasileña le cuesta entender los ritmos y la profundidad idiosincrática de la América hispana; no logra captar sus motivaciones últimas. A ratos pareciera que los brasileños se preguntan, ¿querrán nuestros vecinos verdaderamente cooperar e integrarse? Una cosa es estimar que Brasil tiene las condiciones estructurales para liderar la subregión, pero otra es persuadir a los demás que se plieguen a Brasil.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Un punto importante para la evaluación que finalmente se haga de los aportes brasileños a la seguridad internacional está, aparte del tema sudamericano que nos ocupa, la evolución de la Minustah en Haití. Ver Glüsing, J.

Lo ocurrido con la Cumbre de Isla Margarita es indicativo de que, cuando grandes riquezas estatales caen en manos de dirigentes neopopulistas, las proyecciones son difíciles de discernir. Y es que la irrelevancia de la mayoría de los países sudamericanos, unida a la volatilidad económico-financiera general de la subregión, así como la precariedad de los sistemas políticos, está alimentando el surgimiento de nefastos neopopulismos, cuya característica central es su inclinación a la transnacionalización, lo que altera la distribución de poder subregional. Se observa que cuando un populista *nacional* se ve a sí mismo en situación desmedrada, busca acercamientos y alianzas con populistas más poderosos, más allá de sus fronteras, haciendo caso omiso de obstáculos constitucionales o bien subsumiendo la soberanía nacional. Así, ha nacido en la subregión una verdadera hidra de neopopulismo. Sin duda que el populismo tradicional, o clásico, en esta zona del mundo (aquel con registro histórico) tiene una etiología común con este neopopulismo: actitudes y decisiones arbitrarias, falta de respeto a las instituciones y personeros (qué mejor ejemplo que los insultos televisivos de Chávez a J.M. Insulza o al entonces Presidente G.W. Bush ante la Asamblea General de la ONU), socavamiento del espíritu democrático (como propone Larry Diamond), degradación de los ciudadanos y sus derechos, la reificación de las relaciones sociales y de la voluntad del pueblo (en el sentido marxiano, *Verdinglichung*) con el consiguiente establecimiento de seudodemocracias.

Desde luego que este neopopulismo no tendría la fuerza que registra, si no existiese un mecanismo de coerción tan potente como ha sido la *petrodiplomacia* para Venezuela. Sin *petrodiplomacia* no habría movimientos bolivarianos a lo largo y ancho de la subregión, no habría candidatos presidenciales que estuvieran en línea de manera extraordinariamente activa con las ideas chavistas, ni habría elementos de denuncia de fuerte intervención electoral en otros países, no habría una permanente tensión acerca del devenir. No habría juegos verbales. No existiría un poder de convocatoria tan grande como para haber materializado la cumbre de Isla Margarita.

Núcleo de la *petrodiplomacia* venezolana es la empresa petrolera estatal del país, Petróleos de Venezuela, PDVSA,<sup>4</sup> que el Presidente Chávez decidió «refundar» en 2003 tras una huelga de dos meses de sus empleados y altos ejecutivos en protesta por el curso que estaba tomando la empresa, y que terminó con casi 18 mil personas desvinculadas y una caída del 15,1% del PIB de Venezuela en el cuarto trimestre de 2002 y del 24,9% en el primer trimestre del año siguiente.

<sup>4</sup> Creada en 1975, se dedica a la explotación, producción, refinación, mercadeo y transporte del petróleo venezolano. Fue creada por decreto gubernamental para ejercer tales actividades luego de la nacionalización de la industria petrolera. Sus operaciones comenzaron el 1 de enero de 1976. PDVSA era calificada en 2005 como la tercera empresa petrolera a nivel mundial. Para Fortune era la empresa número 35 entre las 500 más grandes del mundo. En 1986, PDVSA adquirió el 50% de la estadounidense CITGO, adquiriendo el resto del paquete accionario en 1990. A través de esta empresa consiguió una capacidad de refinación de 750 mil barriles diarios en territorio estadounidense, contando a la fecha allí con 13.500 estaciones de servicio. CITGO representa el 10% del mercado de combustibles en EE.UU. La huelga de 2003 fue vista por analistas del mercado como apocalíptica por sus repercusiones en la industria y para el futuro de la misma empresa. El 28% de los obreros despedidos eran especializados y llevaban más de 20 años en la empresa. Las gerencias más golpeadas fueron las de Finanzas (84% de sus profesionales fueron despedidos) y Materiales (74%). PDVSA publicó en agosto de 2005 su «Plan de Actividades 2005-2010», en el cual se plantea un muy ambicioso proyecto de crecimiento: Certificación de reservas petrolíferas, obtención de una mayor cuota de producción dentro de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), incremento de producción de crudos livianos y pesados, construcción de refinerías dentro y fuera de Venezuela, interconexión energética en América Latina y el Caribe, ingreso a nuevos mercados de combustibles (con énfasis en Asia). En 2006, su máximo ejecutivo, Rafael Ramírez llamó a todos los funcionarios a ser leales con Chávez, apoyarlo en las elecciones y referéndums que tengan lugar. Decidió además cambiar los colores corporativos por el rojo. En mayo de 2009, el gobierno promulgó una ley para que la petrolera asuma el control de 39 empresas que prestan servicios a la compañía pues, según la legislación, el Estado se reserva todos los derechos sobre los bienes y servicios de la actividad primaria de hidrocarburos. Hoy PDVSA tendría pasivos superiores a los US\$ 25 mil millones, un carga muy pesada si se piensa en los requerimientos que el impone el estado *bolivariano*. Entre sus bienes fuera de Venezuela se cuentan, aparte de la citada CITGO, la Ruhr Öl de Alemania (50%), Rynäs Petroleum de Suecia (50%), Hovensa LLC de Islas Vírgenes (100%), Bopec de Bonaire (100%), Isla Refinery de Curazao (100%) y, hasta el 2008, el 100% de BORCO de Bahamas, la que vendió íntegramente a un consorcio formado por Vopak Royal y First Reserve.

El referéndum de 1999 había establecido que el Estado conservaría la totalidad de las acciones de PDVSA por razones de «conveniencia nacional». Hasta ese momento, la empresa vivía un proceso de flexibilización (comenzado a inicios de los 90) y que permitía la asociación con privados. Los comienzos de la era chavista en PDVSA fueron difíciles, de lo cual da cuenta la sucesión de altos ejecutivos, hasta la llegada de Alí Rodríguez, quien oficiaba entonces de secretario general de la OPEP y que, por sus antiguos cargos en el gabinete, era el más profundo conocedor de la industria petrolera. Un aliado excepcional para Chávez. Una de las primeras misiones de la nueva PDVSA fue hacer un aporte al llamado Fondo para el Desarrollo Económico y Social del País (FONDESPA). A partir de entonces, la petrolera ha asumido un rol claramente paternalista, cuya prioridad debe ser técnico-económica (es decir que no quiebre y pueda seguir funcionando a niveles aceptables), dejando recursos para recuperar inversiones, asumiendo los costos operacionales, y dejar excedentes para invertirlos en los proyectos sociales que promueva el gobierno de Chávez. Uno de los rasgos visibles de la *petrodiplomacia* venezolana es que los aviones de PDVSA se han hecho conocidos en las aduanas latinoamericanas por el transporte de personas y objetos que, al menos en su apariencia, no guardan relación con el negocio petrolero. Ejemplifica esta aserción el portador de un maletín con us\$ 800 millones que llegó en un avión de PDVSA, de manera coetánea a una visita de Chávez a Buenos Aires, y que no pudo explicar a las autoridades del aeropuerto Jorge Newbery el origen y destino del dinero que portaba. El venezolano procedió a dejar abandonado dicho maletín y posteriormente declaró que era un aporte chavista a la campaña presidencial de la Sra. Cristina Fernández, quien desmintió el hecho.

PDVSA ha sido presentada innumerables veces por las autoridades venezolanas como portaestandarte e instrumento de nuevos proyectos de integración energética. De hecho, la propuesta del Gasoducto del Sur fue presentada al amparo de esta empresa. Diego Mansilla, uno de los principales expertos en la industria petrolera mundial, estima que los proyectos de integración energética que tengan como eje a las petroleras o empresas energéticas estatales están condenadas al fracaso, por razones que van más allá de la racionalidad

de cada iniciativa, pues la mayoría de los países sudamericanos o bien carecen de empresas energéticas del todo, o bien las tienen con magnitudes no equiparables. YPF ya no pertenece al estado argentino, ENARSA carece de existencia real, YPFB está recién en vías de recuperación, Petroecuador no tiene dimensiones equiparables a PDVSA y solo Petrobras podría establecer algún tipo de alianza, aunque la brasileña no parece interesada en tales proyectos. Por lo mismo, sostiene Mansilla, el único proyecto integracionista promovido por PDVSA, y que funciona, es Petrocaribe; relación de un gigante con enanos. Por las razones citadas, ni Petrosur (Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay), ni Petroamérica, alianza de todas petroleras estatales latinoamericanas, han podido concretarse.

El surgimiento de la *petrodiplomacia* y su éxito en la subregión se debe también a un factor adicional, estudiado por Sweig: la expansión del comercio con potencias extra-hemisféricas que han irrumpido, con diversos grados de intensidad, en cada uno de los países sudamericanos (y latinoamericanos en general). En tal sentido, la *petrodiplomacia* venezolana ha adquirido preeminencia por medio de sus alianzas (aunque muchas veces limitadas solo en el plano declarativo) con las rusas Gazprom y Lukhoil y varias iraníes.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> El acercamiento ruso-venezolano ha sido discutido con cierta amplitud. Ver algunos papers citados en la bibliografía, y trabajados por el autor sobre este punto, entre otros para la Conferencia Subregional «Desafíos para la Seguridad y la Defensa en un ambiente político complejo: cooperación y divergencias en América Latina», organizado por el Centro Hemisférico de Estudios de la Defensa y la Armada de Colombia el 28-31 de julio de 2009 en Cartagena de Indias, cuyas actas serán publicadas durante 2010, así como para un libro multiautoral sobre materias de Inteligencia, de aparición durante 2010. Las retóricas *putinista* y *medvedista* respecto a América Latina son, este sentido, claros elementos indicativos que Rusia ha optado por cierta mesura verbal, evitando ser asociada a la incontinencia de epítetos anti estadounidenses que caracterizan al Presidente Chávez, y que más de un líder soviético también tuvo en tiempos pretéritos. Durante las visitas de Chávez a Moscú, el manejo comunicacional del Kremlin ha sido cuidadoso y proclive a la discreción, evitando algaradas comunicacionales y buscando atenuar la tendencia venezolana a magnificar los hechos. Aún más, la parte rusa ha aprovechado cada uno de los viajes de Chávez a Moscú para lograr nuevos acuerdos y convenios facilitadores de la presencia de otras empresas rusas —más allá del área Defensa— en sectores de interés para el Kremlin. Un buen ejemplo es la entrada de capitales rusos para formar

Relaciones tempestuosas, acuerdos fugaces. Ese es el resultado de la *petrodiplomacia* hasta ahora, al menos en su relación con los vecinos sudamericanos. Y nada se ve en el horizonte que pueda hacer cambiar tal tendencia.

La *petrodiplomacia*, al mostrar hoy cuán avasallador puede llegar a ser un constructo populista en su afán transnacionalizador, surge como un indicador de las turbulencias que vive la subregión y que, en palabras de Ernst Bloch se corresponde con la *simultaneidad de lo no contemporáneo*; es decir donde conviven planos diversos. En este caso, premodernos, modernos y postmodernos, que se entrecruzan de manera fascinante. Muchos de los neopopulistas lo son. Con PDVSA siendo utilizada para fines que ni el más agudo analista pudo alguna vez imaginar, con el acercamiento hacia un exótico Irán y una temible Rusia, con la desmesura traspasando fronteras de manera activa y con el cooptamiento de otras expresiones populistas más clásica, *nacionales* y de menor envergadura, la *petrodiplomacia* es lo que da sustento a la hidra neopopulista, que, al igual que su versión mitológica, se mueve (por Sudamérica) con la misma naturalidad que si estuviese en el lago Lerna.

---

VenRus que desplazó a la canadiense Crystallex de la propiedad y explotación del yacimiento aurífero «Las Cristinas», uno de los más grandes del continente, a inicios de 2009. Otro ejemplo es la construcción de una planta de aluminio adjudicada a la gigante Rusal. En esta lógica se debería ubicar también la decisión de ayudar a Venezuela a construir su primer reactor nuclear, probablemente en el estado de Zulia. Esta última decisión, junto a la de vender aviones Sukhoi y submarinos de la clase Kilo, deben interpretarse como señales rusas a EE.UU., bajo el criterio de «estamos dispuestos a operar en sus cercanías y llegar a tratativas con quien sea, en la materia que sea». En lo político, los rusos tuvieron la precaución que las rutinas de las maniobras navales combinadas, o los ejercicios de los bombarderos estratégicos en cielos venezolanos, no fuesen percibidos como ofensivos, sino como simulacros de fuerza. De tal manera que elementos verificadores de tendencia serán la reacción definitiva que tendrá Rusia a la oferta hecha por el Presidente Chávez en orden a arrendarle la pequeña isla Orchila como base aérea (isla caribeña de aproximadamente 40 kms. de extensión que alberga hoy a la Base Aeronaval «Antonio Díaz»), así como la influencia futura de algunos militares rusos, proclives a seguir con más demostraciones de fuerza como el comandante en jefe de la Fuerza Aérea de Rusia, Mayor-General Anatoly Chikariev, quien hizo trascender locuazmente la oferta de Orchila, que luego fue matizada por el vocero del Kremlin. Ver Witker.

## 2. *BANDWAGONING*: DEFLECTANDO PRESIONES

En lenguaje *huntingtoniano* existen, en esencia, dos tipos de países, los llamados *núcleo* (centrales o relevantes, para otros autores) y los periféricos. Los primeros poseen la gran y única capacidad de aglutinar a conjuntos de los segundos, es decir consiguen generar estados de ánimo tales que los periféricos inevitablemente sucumben a la idea de rondar y acercarse; de subordinarse de manera (in)manifiesta. Algunos lo hacen con órbitas elípticas, otros férreamente alineados. Unos por admiración, otros por intereses, y no pocos por temor.

Adaptando esta visión al espacio sudamericano, nadie dudaría que, al día de hoy, Brasil y Venezuela se han convertido en los dos países núcleo de la subregión; son los que convocan, aglutinan, proponen, ensalzan o descalifican a otros actores de la subregión. Son los que procuran iniciativas políticas que irradian al espacio subregional. No es por otra razón que cada mandatario sudamericano se plantea como un deber durante su mandato ir de peregrinación a Caracas y/o a Brasilia. La excepción es quien no se plantea tal acto de devoción. Muchas veces, la elección de cada capital, como primer viaje, es reveladora de las prioridades de quien asume la primera magistratura en su país. Los observadores de los sucesos subregionales miran atentos qué tan efusivo es cada mandatario en su *tete a tete* con el Presidente Chávez y/o con el Presidente Lula, qué palabras y gestos se prodigan, qué decisiones toma cada país frente a las dos capitales. Los analistas buscan descifrar los códigos comunicacionales que se van gestando con cada uno de estos dos presidentes. Otros indagan qué tan llanos o refractarios se muestran los presidentes *periféricos* ante las maniobras de Chávez y/o Lula. Los movimientos en torno al ALBA y la actitud ante la *petrodiplomacia* epitomizan tal aserto.

Teóricamente visto, la existencia de dos países núcleo y los movimientos en sus entornos no reviste originalidad. Los Estados sueñen, por naturaleza, buscar u ofrecer apoyo según sus necesidades y capacidades. Ya los romanos establecían que en ocasiones un nexo no era tan formal como una alianza (*societas*), sino, simplemente, una amistad (*amicitia*).

Sin embargo, se aprecia una singularidad de valor para una aproximación teórica, y es que, en la actual configuración de poder sudamericana, hay trazos de bifrontalidad; es decir no es discernible cuando estamos en presencia de una *societas* o de una *amicitia*. Esto se percibe en que lo discursivo se expresa mediante una fuerte retórica integracionista y de no disputa, mientras que, en la *praxis* se observan conductas claramente divisivas. ¿Cómo se explicaría esta singularidad? Probablemente se trata de la confluencia de dos elementos con alta capacidad explicativa: lo idiosincrático y lo político-biográfico. Lo primero engarza con esa manía a ver a sus congéneres vecinos como *hermanos*, que sería nocivo enemistarse por cuestiones superfluas con alguien habría *tanto* en común. Esto potencia el segundo elemento explicativo: se trata de proyectos protagonizados por una izquierda postguerra fría y, como tal, merecen ser protegidos al precio que sea. Serían la viva muestra que el socialismo no es un adefesio, sino un ente vital.

Sin embargo, el volumen y densidad adquiridos por la teoría de las relaciones internacionales permiten conjeturar que tal singularidad responde simplemente a la precariedad de los países periféricos de América del Sur. La disparidad entre la retórica y la conducta se entiende por la importancia que tiene el discurso en la actividad política de la subregión. Sin una retórica tribunicia, algo volcánica, ojalá con giros idiomáticos en lenguas vernáculas (cuando no mensajes enteros), estimuladora de lo gregario, no se entiende la política sudamericana.

Stephen Walt ha sistematizado la teoría del *bandwagoning* para explicar la naturaleza de los comportamientos convergentes entre ciertos Estados. Su instrumental teórico es útil ciertamente para el espacio sudamericano, incluyendo sus singularidades.<sup>6</sup>

Walt inicia su análisis planteándose una pregunta cardinal, ¿cuándo los Estados forman alianzas y determinan sus opciones en

<sup>6</sup> El concepto fue acuñado originalmente por el académico británico Quincy Wright en su famoso «A study of war» de 1942. Sin embargo, tanto Walt como Walt, especialmente este último, son quienes se han confrontado de manera más sistemática con el concepto. En algunos casos se le entiende como mecanismo de sumisión política.

esta materia? Si un Estado —sostiene Walt— busca equilibrar sus poderes *ad infinitum*, ello le acarreará el enfrentamiento con muchos otros, rivales u oponentes, debido al dinamismo de la interacción en la arena internacional, pues los temores van cambiando de lugar e intensidad. Por eso —subraya— la única tendencia identificable es el acercamiento ante amenazas o intimidaciones; una definición inherente a cada Estado y nunca endosable. Las razones que tiene un Estado X para buscar alianzas con un Estado Z no son reproducibles para entender el acercamiento entre X1 y Z1. No es simplemente la estructura la que condiciona los comportamientos de internacionales de cada Estado. Por eso, Walt discrepa del máximo referente del neorealismo, Kenneth Waltz, en el sentido de que si los Estados tuviesen —como sostiene Waltz— como principal preocupación su seguridad, cabría preguntarse, ¿seguridad ante qué? Walt descarta que busquen seguridad ante el poder de los otros, así en abstracto. El poder en sí mismo es un concepto que engloba al menos dos facetas, una destructiva y otra benevolente. El poder de la naturaleza habla por sí mismo de lo que estamos tratando de descifrar. El poder del Sol puede ser fatal para un sediento en el desierto, pero puede alimentar vientos benignos en la primavera en la tundra, por ejemplo. Por lo tanto, concluye Walt, la perspectiva neorealista clásica, del balance de poder en términos genéricos, ignora aquellos factores de contexto específico, que para los tomadores de decisión son vitales. En consecuencia, las percepciones de riesgos y amenazas —lo mismo que los miedos— están en el corazón de la seguridad. Lo que es amenaza para uno, puede no serlo para el vecino, ni tampoco para el más simpático del barrio. Aún más, advierte Walt, *bandwagoning* es un alineamiento (o sumisión) en función tanto de las amenazas directas o indirectas que se perciban, como también acorde a las posibilidades que se ofrece en un contexto de dominación más amplio, es decir no directamente coercitivo.

Walt ilustra esto último en la relación que históricamente se ha visto a lo largo del siglo XX entre EE.UU. y América Latina. Los Estados débiles, vulnerables, y muchas veces, aislados, de América Latina confluyen en lógica *bandwagoning* con una administración en Washington que muchas veces no es de su agrado. Pero es que, situados en la periferia y azotados por la vulnerabilidad, estos ven en el

*bandwagoning* una manera de subsistir (muchas veces la llamada ayuda al desarrollo de los países desarrollados es una posibilidad no coercitiva de inducción e incentivos a la sumisión). En esta línea, los costos de oponerse, o desafiar, son mayores y exceden a los de los beneficios. Un país núcleo tiene un espectro muy amplio —y bastante híbrido— a su disposición para inducir o incentivar políticas de *bandwagoning*: beneficios comerciales mediante acuerdos, tratamientos preferenciales, ganancias políticas o territoriales acotadas y que son de valor para el país incentivado o inducido, protección en materia de defensa frente a terceros, acceso a créditos o suministros tecnológicos y muchos otros. Walt cita los casos de la revolución cubana y la sandinista como las únicas tentativas de balance y desafío a la hegemonía estadounidense.<sup>7</sup>

La extraordinaria convocatoria de la cumbre energética revela que este modelo teórico también tiene una praxis en espacios más restringidos pero que reúnen cierta diversidad y complejidad en su interior como para albergar una multiplicidad de actores con capacidad para reproducir interacciones propias de los espacios más amplios. Los doce países de América del Sur son lo suficientemente numerosos y heterogéneos como para generar entre ellos dinámicas de sumisión política.

Aún más, el *bandwagoning* subregional observa regularidades generales, identificables en los grandes espacios, pero se retroalimenta con fenómenos particulares. Dentro de las particularidades subregionales están las conductas inductoras o incentivadoras que se desprenden de las manifestaciones neopopulistas advertibles (con intensidades diversas) en los países núcleo. Por ejemplo, cuando uno de los países núcleo ha elevado al rango de instrumento de acción externa los insultos personales (verbigracia los señalados a Insulza y Bush), ciertamente que las convocatorias posteriores que este país

<sup>7</sup> Otro buen ejemplo de cómo la *petrodiplo-macia* ha sido para Caracas un instrumento para aplicar políticas *bandwagoning*, ocurrió durante 2007 y 2008 durante sendos desplazamientos del Presidente Chávez por África buscando votos para la postulación de Venezuela a un sillón no permanente en el Consejo de Seguridad de la ONU. En varios países compró a sus interlocutores, en *cash*, enormes cantidades de materias primas, a cambio del respaldo.

núcleo haga a cualquier actividad llevan una carga coercitiva importante, toda vez que muy pocos querrán verse expuestos al ridículo o vivir bochornos inaceptables. Luego, las estrecheces propias de la precariedad subregional (energéticas en el caso de marras) obligan a atender las «generosas» propuestas de un país núcleo (suministro petrolero en el caso en comento). O sea, era mejor asistir y estar presente en Isla Margarita antes que una posible ausencia, por justificada que fuere, pudiese ser malinterpretada. ¿Cómo se vería mi gobierno ante la eventualidad de quedar fuera de algún posible acuerdo?, se debe haber preguntado más de un mandatario antes de tomar el avión rumbo a Margarita.

Los dos países núcleo han ensayado entonces diversos *modus operandi* para producir *bandwagoning* en el espacio subregional. Como los liderazgos brasileño y venezolano no son —por ahora— contrapuestos, y procuran mantener cierta complementariedad discursiva, la rivalidad se expresa —por ahora— en conductas divisivas; ello deriva en que los incentivos e inducciones al *bandwagoning* discurren de manera disímil. Por lo mismo, los incordios de Isla Margarita han molestado a Itamaraty, pero este procura no dejar rastros de disconformidad ni ser demasiado expresivo en cuanto a ruidos. El camino elegido por la diplomacia brasileña para incentivar e inducir a un *bandwagoning* tras sí, es evitar ripios, atenuar desbordes, eludir polarizaciones. El porvenir debe proyectarse sobre el presente sin sombras. Itamaraty no busca encandilar ni ilusionar a la periferia sudamericana como sí pretende Caracas. Los estrategas de Brasilia parecieran querer ser ingenieros del alma sudamericana.

## CONCLUSIONES

La soterrada disputa entre Brasil y Venezuela por el liderazgo de la subregión plantea un problema severo a los tomadores de decisión en la periferia sudamericana: cómo plasmar sus verdaderos intereses en un espacio donde los márgenes de maniobra son estrechos. Las dudas son con quién abrazarse y avanzar en las turbulentas aguas

internacionales. Dudas *palmerstonianas*, que se acrecientan en una América del Sur que lucha con una historia de búsqueda de atajos.

Brasil apela a un liderazgo distinto al venezolano, más cercano al *softpower*, pero que dada las características idiosincráticas y político-biográficas de sus máximos tomadores de decisión quizás sea percibido como demasiado sofisticado. El liderazgo brasileño en la región, pese a las razones estructurales que invitan a verlo con optimismo, no podrá consolidarse sin una relación más equilibrada entre el poder blando y poder duro, algo exigible a cualquier potencia acorde a su tamaño y, sobre todo, a sus aspiraciones.

Por otro lado, la *petrodiplomacia* venezolana es un indicador que la subregión sigue viviendo aquello que Ernst Bloch llamaba la simultaneidad de lo no contemporáneo; es decir donde conviven planos diversos, premodernos, modernos y postmodernos, que se entrecruzan de manera fascinante. Con una ubicua PDVSA como emblema de la *petrodiplomacia*, con el acercamiento hacia un exótico Irán y hacia una siempre temible Rusia, y moviendo una hidra neopopulista que mira al acecho de la subregión entera, Caracas busca, ante todo, cautivar a la periferia sudamericana. ¿Qué más temor puede generar, que quedar fuera de la galaxia bolivariana?, pareciera el lema con que convoca a la periferia subregional.

La gran pregunta que queda en el vacío es si la periferia de la periferia (es decir los países sudamericanos compelidos a seguir a Brasilia o Caracas) está en condiciones de identificar sus propios imperativos, como se podría preguntar desde los estudios internacionales. O bien, desde otras disciplinas, si disponen de un *Aleph* (borgiano) que les ayude a entender su actual realidad y pensar, reflexionar, con quién y cómo les es más productivo trabajar por una efectiva integración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Diamond, Larry. *The spirit of democracy*. NY, Times Books, 2008.
- Edwards, Sebastián y John Dornbusch. *The Macroeconomics of populism in Latin America*. Chicago, Chicago University Press, 1991.
- Glüsing, Jens. «Die Hofnung von Cité Soleil». *Der Spiegel*. N° 43, Hamburgo, 2010.
- Gratius, Susanne y Hener Fürtig. *Irán y Venezuela: Una alianza bilateral con proyecciones de poder global*. FRIDE, Madrid, 2009. En: <http://www.fride.org/publicacion/592/iran-y-venezuela-una-alianza-bilateral-con-proyecciones-de-poder-global>
- Mansilla, Diego. «Petroleras estatales en América Latina: entre la transnacionalización y la integración». *Revista del CCC*. Buenos Aires, 2008. En: <http://www.centrocultural.coop/revista/articulo/30>
- Oppenheimer, Andrés. *Cuentos chinos*. Buenos Aires, Sudamericana, 2005.
- Sweig, Julia. «The hemispheric divide». *The National Interest*. N° 100, Washington DC, The Nixon Center, 2009.
- Walt, Stephen. *The origins of the alliances*. Cornell University Press, NY, 2000. 5th ed.
- . «Testing theories of alliance formation: The case of Southwest Asia». *International Organization*. Vol 42, N° 2, 1988.
- Witker, Ivan. «Actores extrarregionales en escenarios complejos: Rusia como nuevo actor hemisférico». CHDS, Washington DC, 2009. En: <http://www.ndu.edu/chds/SRC-Colombia09/Papers/Witker%20CHILE.pdf>
- . «Hemisferio e Inteligencia: La irrupción de actores extra-regionales como nuevo desafío», capítulo de *Los desafíos de la inteligencia en el siglo 21*. Santiago, Mago Editores, 2010.

# 12.

## AMÉRICA LATINA ENTRE EL CUIDADO Y LA DEPENDENCIA DE SUS RECURSOS NATURALES

OSVALDO SUNKEL

Muchas gracias por la invitación a este Seminario, cuyo eje central, la energía: es de una importancia trascendental. Se me ha pedido hablar sobre el dilema entre el cuidado y la dependencia de los recursos naturales, y así lo haré. Pero antes permítanme una reflexión breve, pero a mi juicio fundamental, sobre el tema energético.

Como mencionaba el profesor Estenssoro, hace unos 30 años, en 1978, tuve la suerte de ser designado para llevar a cabo un proyecto conjunto de la CEPAL y el PNUMA sobre desarrollo y medio ambiente. En su ejecución descubrí la importancia trascendental de la ecología y la temática ambiental y su interrelación con el desarrollo económico y social, temas que, como economista, desconocía completamente. Uno de mis descubrimientos más importantes fue el papel crítico que desempeña la energía en el proceso de producción.

La energía no es otro recurso u otro sector más. Cualquiera sea la fuente energética, la energía tiene una característica excepcional: es el elemento que hace posible la transformación de los recursos naturales en bienes y servicios utilizables.

Todo lo que nos rodea, y nosotros mismos, somos productos de la transformación del medio ambiente. Los alimentos que nos nutren, esta mesa que es producto de la transformación del bosque, la ropa que llevamos producto de la transformación de la lana, seda o celulosa. El habernos desplazado de alguna parte de Santiago a esta sala es producto de la energía que movilizó los diversos medios de transporte. Todas esas y demás transformaciones equivalentes, solo son posibles gracias a la energía y la tecnología.

La energía tiene un carácter estratégico específico único, se pueden sustituir las fuentes energéticas, pero el fluido energético es insustituible, es imprescindible en cualquier proceso de transformación o producción. Por eso, la energía es siempre un elemento absolutamente clave en las relaciones económicas y políticas, tanto nacionales como internacionales. Este aprendizaje fue muy importante para mí y quería transmitírselo a ustedes en caso que, por ser tan básico y elemental, pero desconocido por la economía y las ciencias sociales, tal vez no haya sido mencionado en el transcurso del seminario.

Ahora se ha puesto de moda la cuestión de la energía y de las fuentes energéticas alternativas por el tema del calentamiento global. Pero yo me refiero a este otro aspecto, más básico, que tiene que ver con la primera ley fundamental de la física: nada se crea, nada se pierde, solo hay transformaciones de unos elementos en otros, y en esos procesos de transformación, que son siempre imperfectos, se generan residuos sólidos líquidos o gaseosos, que son los causantes del deterioro del medio ambiente. Y esas transformaciones son posibles solo gracias a la energía.

Aunque, a primera vista, esta excursión energética precedente no tiene nada que ver con el tema sobre el que se me ha invitado exponer —América Latina entre el cuidado y la dependencia de los recursos naturales— la realidad es que es muy pertinente. En el caso de un país especializado en la exportación de petróleo, como Venezuela, es evidente el dilema entre conservar los recursos de

hidrocarburos o explotarlos al máximo y hacerse cada vez más dependiente de ellos. Por otra parte, en el caso de un país como Chile, importador de hidrocarburos, elemento esencial para su desarrollo, se requiere, por una parte, la explotación de sus recursos naturales energéticos alternativos para diversificar la matriz energética y, por la otra, explotar sus recursos naturales de exportación para abastecerse, entre otros elementos, de los insustituibles combustibles importados.

En ambos casos hay una dicotomía, un conflicto, entre cuidar o conservar el medioambiente y los recursos naturales, por una parte y, por otra, utilizar el medioambiente y los recursos naturales, especialmente aquellos en que tenemos ventajas comparativas para la exportación, de modo de generar las divisas necesarias para importar los elementos indispensables para el desarrollo (bienes de capital e intermedios, tecnología, etc.) lo que lleva a su vez al problema de la dependencia de las exportaciones de materias primas.

Aunque, en la práctica, las acciones de política destinadas a asegurar la sustentabilidad ambiental del desarrollo dejan todavía mucho que desear, no hay duda que en las últimas dos o tres décadas y, sobre todo, más recientemente, con la preeminencia que ha adquirido la cuestión del calentamiento global, la temática de la sustentabilidad ha sido plenamente asumida como una cuestión absolutamente crucial en el sentido de que el medio ambiente y los recursos naturales hay que cuidarlos y conservarlos, de donde deriva toda la temática del manejo sustentable de los recursos naturales.

No me voy a extender mucho más en esto, porque creo que ya es un tema asumido. No se me interprete mal, por cierto que todavía falta muchísimo, o casi todo, por hacer, pero cuando yo empecé a trabajar en este tema, en la década de 1980, el tema era completamente ignorado, excepto por un escaso y desconocido grupo de especialistas. No había conciencia ambiental, no había ONG's promoviéndola, no había una institucionalidad ambiental, no había legislación, no había actividades educativas y de formación de especialistas, no había cursos, no había prácticamente nada y, en las esferas de la política económica y social y del desarrollo, así como en la práctica de las empresas y consumidores, esta temática se ignoraba por completo. El supuesto implícito era que los recursos naturales

eran relativamente abundantes y se podían usar y abusar sin mayor preocupación. Cuando comenzamos a pregonar la necesidad de cuidarlos, nos ignoraban. Eso es algo que de verdad ha cambiado notablemente, por lo menos en la conceptualización y concepción de las políticas, la institucionalidad y la conciencia ambiental, aunque mucho menos en la efectividad de las políticas de desarrollo. En el mundo de las empresas privadas, sobre todo las exportadoras, el tema ha prendido, porque se ha convertido en un requisito de acceso al mercado mundial.

Ahora, qué decir respecto de la dependencia de los recursos naturales. Tenemos clarísimo que los países latinoamericanos han sido siempre muy dependientes de sus recursos naturales ya que se han especializado en la exportación de esos productos desde los tiempos de la Colonia. América Latina es uno de los continentes que tiene mayor disponibilidad de recursos naturales de todo tipo en el mundo, de modo que eso significa una ventaja comparativa enorme para América Latina hacia el futuro.

Sin embargo, lo que no es aceptable y no debiera ocurrir nuevamente, es que se desperdicien las oportunidades que se han presentado históricamente de precios favorables y fases positivas importantes de exportación de productos derivados de los recursos naturales. Que se hayan desperdiciado los auges del café en Colombia, en Centroamérica y en Brasil, que se haya desperdiciado el boom ganadero y triguero argentino en el pasado y se esté desperdiciando ahora el auge de la soja en Argentina, que se haya desperdiciado el ciclo del salitre en Chile, y así en otros países y épocas históricas, no debiera repetirse. Cuando hablo de desperdicio, me refiero a que los auges no se aprovechan para ahorrar recursos financieros y de divisas para invertirlos tanto en la conservación de los recursos naturales como en la diversificación del aparato productivo y de las exportaciones, a fin de superar esa dependencia que se reitera históricamente cuando los auges se gastan en consumo y volvemos a caer después en periodos de crisis y en la tradicional dependencia de la exportación de recursos naturales.

En los últimos seis o siete años antes de la reciente crisis, hubo un nuevo período de auge. Chile tuvo la ventaja de un aumento colosal del precio del cobre y el mérito de haber guardado

prácticamente todo lo que se podía guardar de ese *boom* y tenemos por eso unas reservas muy importantes, cosa que no han hecho muchos países. Se han embarcado en un período de despilfarro del producto del auge de sus recursos naturales; México es un caso con su petróleo, que ahora se les está acabando. Y Venezuela es un caso paradigmático, un caso de reincidencia notable en varios auges de los precios del petróleo desde el primero en 1972 o 1973.

Lo que entonces debiéramos discutir es cómo hacer para aprovechar las ventajas de estos periodos de auge, de esta ventaja de tener recursos naturales valiosos. En vista de lo que está sucediendo en el mundo, donde las potencias asiáticas, que tienen muchas escaseces en materia de recursos naturales, están asumiendo un rol conductor. China e India van camino de ser las mayores potencias consumidoras de estos productos en el mundo. Tienen elevadas tasas de crecimiento y grandes masas de población, por lo que estamos en presencia de un panorama de exportaciones sumamente positivo, por lo menos para América del Sur. El Caribe, Centroamérica y México tienen una situación distinta, porque basan sus exportaciones no en los recursos naturales, sino en el bajo costo de su mano de obra.

Entonces, la pregunta es cómo hacer para aprovechar esta situación, este período favorable, para evitar la reproducción histórica de la dependencia. En el pasado, lo que hemos hecho es especializarnos en las exportaciones de recursos naturales y, además, mientras más los explotamos, más invertimos en ellos y así ampliamos la capacidad para explotarlos, haciéndonos cada vez más dependientes de ellos. Mientras su sustentabilidad aguante; después, el colapso. Como fue el caso del salitre.

Por otra parte, aprovechamos lo que obtenemos de esas exportaciones de recursos naturales para una exacerbación extraordinaria del consumo. Hemos tenido en los últimos veinte o treinta años en Chile una exacerbación del consumo en los «malls», los automóviles, los bienes de consumo durables, las modas, los megaconciertos, últimamente los casinos. Díganme ustedes si eso puede ser una política de desarrollo, producir casinos en cinco, seis o siete ciudades del país. Es adquirir una dependencia de la dependencia, importamos cosas para poder consumir lo que no podemos producir y que

solo podemos consumir si los importamos. ¿Y cómo mantenemos el equilibrio social de todo esto? Con fuertes políticas sociales redistributivas. Crecen los sectores exportadores y algunos vinculados a ellos, generando grandes incrementos del ingreso, con grandes diferencias entre los distintos estratos sociales y fuerte expansión del consumo. Se reduce la pobreza a través de políticas redistributivas fiscales que nos permiten compensar, incluso reducir notablemente la pobreza, pero sin reducir la desigualdad. Tenemos así, un mecanismo circular de reproducción de la desigualdad y la dependencia.

Para salir de ese círculo vicioso se requieren políticas de largo plazo, de innovación y diversificación de la estructura productiva. Hemos tenido una gran diversificación y crecimiento del consumo, pero para hacerlo sostenible necesitamos también una diversificación de la estructura productiva, principalmente en dos ámbitos. Por una parte, para superar la heterogeneidad de la estructura productiva interna. Chile tiene una gran heterogeneidad de productividades entre los sectores productivos y entre empresas de distintos tamaños: alrededor de un 20% de la población trabaja con salarios y condiciones laborales razonables en empresas grandes de alta productividad que producen alrededor del 80% del producto nacional, mientras el 80% restante de los trabajadores produce solamente cerca del 20% de la producción nacional, a una bajísima productividad y con salarios miserables y pésimas condiciones laborales. Esa diferencia estratosférica de productividades está en la raíz de la pobreza y la desigualdad, las políticas redistributivas solo logran atenuarlas.

Chile jamás será un país desarrollado, como se viene afirmando desde algún tiempo, en el año 2020 o el 2025, dependiendo de la tasa de crecimiento. Eso es una falacia. Si seguimos teniendo esta terrible desigualdad en la estructura productiva, esas diferencias de productividades entre empresas pequeñas, medianas y grandes, no vamos a llegar al desarrollo, en términos de la estructura productiva interna. Y, por otra parte, tampoco vamos a llegar al desarrollo si seguimos con la estructura especializada de exportaciones de productos derivados de recursos naturales. Y aquí, yo creo que tenemos que aprender del modelo asiático.

Ya no podemos aceptar más el neoliberalismo y, afortunadamente, la crisis mundial está apuntando en una dirección ideológica,

doctrinaria, correcta. Tiene que haber un rol fundamental del Estado, no para que el Estado, como en el pasado, se haga cargo de todo, sino para inducir, estimular, coordinar, proyectar, promover la diversificación de la estructura productiva interna, para superar la heterogeneidad estructural y para diversificar la estructura productiva exportadora. Chile ha hecho mucho en materia de diversificar el ámbito geográfico de sus exportaciones. Ha hecho bastante para también diversificar la estructura productiva. Pero seguimos dependiendo fundamentalmente del cobre, aunque aparecieron en estos últimos veinte o treinta años la agroindustria, la celulosa, la acuicultura, etc. Y ese camino es el que hay que enfatizar, apuntalar y promover fuertemente, agregar cada vez más valor a las exportaciones provenientes de los recursos naturales, especialmente de los renovables, lo que permitiría, por otra parte, esfuerzos cada vez mayores y más eficaces para aplicar medidas de conservación de los mismos para asegurar su sostenibilidad en el largo plazo.

Hay que aprovechar, de esta forma, los recursos que nos están dando, los buenos precios y la demanda creciente de los países asiáticos. Esto suena un tanto idealista, porque una de las cosas que no logro entender, por ejemplo, es que en el debate político actual de las candidaturas presidenciales, no hay absolutamente ninguna referencia seria, importante, amplia, respecto de una mirada con visión de futuro del país. De visión de futuro, de visión de Estado, de proyectar políticas de largo plazo, estratégicas, de dónde queremos que esté Chile en 20 años, no en términos de ingreso *per cápita*, sino en términos de su estructura productiva y de ingresos. Venezuela tenía el nivel de ingreso *per cápita* más alto de América Latina hace 20 o 30 años por el alza de los precios del petróleo. Arabia Saudita es de los países más ricos del mundo. Bahrein creo que es el país más rico en términos de ingreso *per cápita*, pero ninguno de ellos es desarrollado. Desarrollo es lo que es Europa, lo que es Corea, lo que es Japón, son los países que transformaron su estructura productiva en competitiva e innovadora. Desarrollo es producción, producción diversificada con incorporación de ciencia y tecnología y eso es posible.

Chile tiene varios ejemplos de lo que hay que hacer, a pesar de la ideología del liberalismo, a pesar de la prédica del Estado subsidiario, del Estado eunuco. A pesar de la prédica, Chile hizo muchas

cosas fuera del libreto del neoliberalismo. Por ejemplo, la Fundación Chile. La Fundación Chile es una CORFO moderna contemporánea, que ha generado la salmonicultura, que es lo que más se conoce, pero hay muchas otras actividades de ese tipo. Es una combinación de visión de futuro, también de mercado, y de innovación científico-tecnológica. Nos olvidamos que el auge de la celulosa, por ejemplo, fue producto de un fuerte subsidio para aprovechar las ventajas naturales de Chile. Había un yerno que tenía un suegro que le puso un enorme subsidio a la plantación de estos bosques y por ahí se fue desarrollando la base de la industria de la celulosa. Hubo otro ministro que le dio un subsidio gigantesco a la minería y se desarrolló espectacularmente la industria minera privada. Hubo, afortunadamente, una reforma agraria y un Plan Chile-California, que fue el antecedente científico-tecnológico para estudiar nuestros recursos agrarios y se ha desarrollado una agroindustria exportadora notable.

Y hay muchos otros ejemplos, ejemplos que no están en la luz pública porque la ideología libremercadista antiestatal les ha puesto anteojeras a la gran mayoría de mis colegas economistas. Esto les ha impedido ver que el sistema de mercado, por sí mismo, no puede generar cambio estructural, que es la esencia del desarrollo. Las principales instancias que tenemos de diversificación del desarrollo productivo, que tienden al desarrollo económico y social, han sido en casos en que el Estado ha tenido una participación importante, en conjunto con la empresa privada y haciendo caso también al mercado. Hay muchas otras cosas que se podrían citar, por ejemplo ASMAR, la industria de Astilleros de la Marina, que, afortunadamente, no se privatizó. Por supuesto que el Almirante correspondiente no iba a privatizar ASMAR, aunque privatizó todo lo demás, ASMAR no. Ahora estamos exportando las torpederas o lanchas patrulleras a Holanda y otros países. ¡Y es una empresa estatal!

El gas licuado fue producto de una crisis y de una decisión de Estado ya que, afortunadamente, sobrevivió una empresa pública como ENAP que, en conjunto con la empresa privada, permitió que el Estado interviniera, porque la Constitución prohíbe al Estado tener actividad productiva. Y otras cosas, por ejemplo el desarrollo del cine. Hace unos años era un acontecimiento cuando aparecía una película chilena. Ahora uno pierde las películas que están saliendo

casi todos los meses, promovidas por un programa de la CORFO de apoyo a la industria del cine en el contexto del apoyo estatal a la Cultura.

También está el caso de grandes empresas que se han podido desarrollar en esta economía pequeña basadas, indirectamente, en los recursos naturales del país. Por ejemplo, una línea aérea enorme comparada con lo que es el tamaño del país. En gran medida es por las ventajas y economías externas derivadas de la exportación de productos agrícolas y pesqueros frescos, porque más de la mitad de ingresos de LAN entiendo que son por carga. Entonces, esto le permite tener una línea aérea de pasajeros y de carga de dimensiones y niveles de excelencia mundiales. Como la Compañía Sudamericana de Vapores, también de gran tamaño en el contexto internacional, derivada de que somos grandes exportadores de minerales y productos derivados de la industria forestal y pesquera. Todos estos son ejemplos concretos de derivaciones positivas para el desarrollo a partir de los recursos naturales.

Y como está de moda, tomemos el ejemplo del fútbol. Cómo nos habría ido en estas fases preparatorias del campeonato mundial si no se hubiera tomado hace unos años la decisión de impulsar las divisiones inferiores, de hacerlas competir en sub20, sub17, sub15, etc. y, finalmente, de contratar, con una inversión considerable, un entrenador de primer nivel mundial. Es otro caso de tener una visión, de definir una misión, de precisar unas metas, de ponerle un plazo y decir, «esto es lo que quiere hacer el país en esta materia».

Quiero mencionar por último otro ejemplo que me emocionó hasta las lágrimas hace unos días. Me invitaron a un homenaje al Maestro Fernando Rosas, creador de la Fundación de Orquestas Juveniles Infantiles de Chile. Una iniciativa apoyada por el Ministerio de Educación. Nuevamente el Estado y un hombre notable, con una gran visión, como fue Fernando Rosas. Hoy, veinte años después, hay 300 orquestas juveniles infantiles, distribuidas entre Arica y Punta Arenas, en 150 comunas del país. Son miles de niñas y niños tocando instrumentos en esas orquestas, que ofrecen unos 3 mil conciertos al año y se estima que un millón de personas asiste a esos conciertos. Por supuesto que esto no es noticia ni en *La Segunda*, *La Tercera* o *El Mercurio*, ni en la Televisión. Esto no es noticia, pero es

una tremenda noticia. Los niños que andan sueltos drogándose y asaltando podrían estar tocando un instrumento o haciendo deportes y realizando otras actividades de esta naturaleza, con iniciativas de este tipo del Estado y la sociedad civil, para hacer de ellos verdaderos ciudadanos.

De manera que hay que cuidar el medio ambiente, hay que cuidar los recursos naturales y también hay que aprovecharlos razonablemente, sustentablemente. Pero aprovecharlos, no para desperdiciarlos en consumos superfluos, sino para transformar el país. Gracias.

## LOS AUTORES (por orden de aparición)

**Fernando Estenssoro Saavedra.** Doctor en Estudios Americanos, Universidad de Santiago de Chile (USACH). Magíster en Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica de Chile. Licenciado en Historia, Pontificia Universidad Católica de Chile. Geógrafo (egresado), Universidad de Chile. Académico del Instituto de Estudios Avanzados de la USACH.

**Juan Manuel Zolezzi Cid.** Doctor en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile. Magíster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile. Ingeniero Civil Electricista. Miembro de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN). Rector de la Universidad de Santiago de Chile (USACH).

**Marcelo Tokman Ramos.** Doctor en Economía, Universidad de California, Berkeley. Ingeniero Comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile. Ministro Presidente de la Comisión Nacional de Energía entre los años 2007-2009. Ministro de Energía de Chile (febrero 2010). Académico de la Universidad Diego Portales.

**Ricardo Núñez Muñoz.** Profesor de Estado en Historia y Geografía, Master en Demografía y Geografía Económica. Senador de la República (1989-2010). Presidente de la Comisión de Minería y Energía del Senado (2002-2010). Presidente del Instituto Igualdad.

**Ernesto Águila Mancilla.** Ingeniero Civil Mecánico, Universidad Técnica del Estado. Especializado en petróleo y gas mediante entrenamiento intensivo en ENAP Magallanes y en EE.UU. Ex- Gerente de Operaciones de ENAP Magallanes. Vicepresidente de la Comisión de Energía del Colegio de Ingenieros de Chile.

**Raúl Sohr Biss.** Periodista. Sociólogo, Universidad de Chile. Estudios Superiores en París y London School of Economics. Analista experto en Relaciones Internacionales y Defensa Estratégica. Periodista de ChileVisión.

**Cristián Parker Gumucio.** Doctor en Sociología, Universidad Católica de Lovaina. Licenciado en Sociología, Universidad Católica de Chile. Posgrado en Ciencias del Desarrollo, Instituto Latinoamericano de Doctrina y Estudios Sociales. Director del Instituto de Estudios Avanzados, Universidad de Santiago de Chile (2006-2010).

**Jorge Zanelli Iglesias.** Doctor en Física, Universidad de Nueva York. Licenciado en Física, Universidad de Chile. Master of Arts, Universidad de Nueva York. Miembro del Directorio de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN). Investigador del Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECS).

**Adela Cubillos Meza.** Doctora Estudios Americanos, Universidad de Santiago de Chile (USACH). Magíster en Estudios Internacionales, Universidad de Chile. Profesora de Estado en Historia y Geografía, Universidad de Chile. Académica de la Universidad Católica Cardenal Raúl Silva Henríquez (UCSH).

**José Augusto Perrotta.** Doctor en Tecnología Nuclear, Universidad Federal de São Paulo. Master en Ingeniería Nuclear, Instituto Militar de Ingeniería de Brasil. Ingeniero en Construcción, Instituto

Militar de Ingeniería de Brasil. Director de la Dirección de Proyectos Especiales del Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares (IPEN), de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de Brasil (CNEN).

**John Griffiths Spielman.** Doctor en Estudios Americanos, Universidad de Santiago de Chile (USACH). Master of Arts, in *Security Studies*, Georgetown University. Coronel de Ejército. Oficial de Estado Mayor. Director de la Academia de Guerra del Ejército de Chile.

**Iván Witker Barra.** Doctor en Comunicación, Karlova Univerzita, Praga. Periodista, Universidad de Chile. *Visiting Scholar* CHDS-NDU, Washington DC y del Colegio de las Américas. Profesor de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE), y Universidad Alberto Hurtado.

**Oswaldo Sunkel.** Economista, Universidad de Chile. Fundador del Instituto de Planificación Económica y Social (ILPES). Investigador de la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL). Ex director de la División de Desarrollo Sostenible de CEPAL. Consejero especial del Secretario Ejecutivo de la CEPAL. Ex-Director el Programa de Desarrollo Sustentable (PDS) de la Universidad de Chile.

La discusión sobre las crecientes necesidades energéticas de la sociedad junto al mayor o menor deterioro del medio ambiente que produce la generación de energía, es un tema de gran actualidad y complejidad. La ineludible necesidad de contar con fuentes de energía para la subsistencia, desarrollo y crecimiento de los grupos humanos ha sido un tema que tradicionalmente ha conjugado y/o puesto en tensión, fundamentalmente, las variables tecno-científicas junto a las económicas. Sin embargo, hoy en día a estas se les ha sumado, con creciente peso específico, la variable ambiental. Así, en tiempos del Cambio Climático, cuando para muchos lo que está en juego es la supervivencia de la civilización, es consensual considerar que la dependencia que presenta la matriz energética mundial de los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) debe ser modificada, a fin disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera ya que este gas es uno de los grandes responsables del efecto invernadero. Pero esto es más fácil decirlo que hacerlo. ¿Qué tipo de fuentes generadoras alternativas de energía privilegiar? ¿La nuclear, la hidráulica, la eólica, la solar, otras? Cada una de estas alternativas tiene fortalezas y debilidades, así como partidarios y críticos. Basta ver la reactivación de polémica mundial sobre el uso de la energía nuclear tras la crisis ocurrida en la planta japonesa de Fukushima producto del terremoto y posterior tsunami que azotó a ese país el 11 de marzo de 2011. Lo cierto es que no existe aún una respuesta definitiva a la pregunta sobre cómo se supera la dependencia de la humanidad respecto de los combustibles fósiles y, lo más probable, es que la discusión se intensificará en la misma medida en que se intensifiquen las nefastas consecuencias del «calentamiento global». En este sentido, aspectos políticos, estratégicos y de relaciones de poder, entre otros, también serán determinantes en la solución de esta problemática. Precisamente, el presente libro introduce al lector en la complejidad de esta ecuación entre energía y medio ambiente, bajo la tesis que, cual jarro de Jano, en tiempos del cambio climático se trata de un solo fenómeno con dos caras.

colección **idea**

 **instituto  
igualdad**  
centro de estudios

ISBN 978-956-303-118-8



9 789563 031188 >