

Energía Nuclear y Energías Renovables

Serie Minutas N° 62 - 15, 01/07/2015

por Julio Vega Pais

Resumen

La núcleo-electricidad volvió a ponerse hace algunos años en un primer plano mundial, luego que se presentara como alternativa limpia de generación eléctrica ante el fenómeno del Cambio Climático. Sin embargo los accidentes más graves ocurridos como: de Three Mile Island (EEUU, en 1979, grado 5 en la escala INES 1, de gravedad de incidentes atómicos), de Chernobyl (Ucrania, ex Unión Soviética, en 1986, escala 7), y especialmente por lo reciente, el accidente de la central de Fukushima Daiichi (Japón en marzo de 2011, escala 7), han vuelto a relegar esta alternativa a un segundo plano. Hoy día, nuevamente empiezan las presiones para poner nuevamente en discusión la alternativa nuclear en Chile. La limitación objetiva de las reservas de los recursos energéticos no renovables (petróleo, gas, carbón y uranio) sólo nos deja como solución abordar desde ya el uso creciente de las energías renovables, como la proveniente del Sol y otras energías renovables en la que esta se transforma (eólica, mareomotriz, olas, biomasa, hidráulica, etc.), y la energía geotérmica.

Disclaimer: Este trabajo ha sido elaborado a solicitud de parlamentarios del Congreso Nacional, bajo sus orientaciones y particulares requerimientos. Por consiguiente, sus contenidos están delimitados por los plazos de entrega que se establezcan y por los parámetros de análisis acordados. No es un documento académico y se enmarca en criterios de neutralidad e imparcialidad política.

Tabla de contenido

1.- Introducción.....	3
2. Legislación para el uso de la energía nuclear.....	4
2.1. La Comisión Chilena de Energía Atómica.....	5
2.2. Planes de desarrollo de la Nucleo-electricidad.....	8
2.3. El Informe Zanelli.....	8
4. Los problemas de la Nucleo-Electricidad.....	9
5. La diversificación de la matriz energética y las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).....	14
Anexo 1. Listado de principales textos legales chilenos relativos a la Energía Nuclear.....	0

1.- Introducción

La núcleo-electricidad volvió a ponerse hace algunos años en un primer plano mundial, luego que se presentara como alternativa limpia de generación eléctrica ante el fenómeno del Cambio Climático. Sin embargo los accidentes más graves ocurridos como: de Three Mile Island (EEUU, en 1979, grado 5 en la escala INES ¹, de gravedad de incidentes atómicos), de Chernobyl (Ucrania, ex Unión Soviética, en 1986, escala 7), y especialmente por lo reciente, el accidente de la central de Fukushima Daiichi (Japón en marzo de 2011, escala 7), han vuelto a relegar esta alternativa a un segundo plano.

Últimamente, antes del desastre de Fukushima en Japón, el Gobierno de Chile había encargado estudios preliminares para evaluar la incorporación de la alternativa núcleo-eléctrica en la matriz eléctrica chilena. La Comisión Zanelli encargado por la Presidenta Bachelet en su primera administración para analizar el tema, elaboró su Informe Final y pese a que no oculta su simpatía por esta fuente de energía, no puede dejar de declarar en una nota al pié de su página 25: "Las dudas se levantan respecto de si la condición de proceso limpio se mantiene al considerar el ciclo completo de la GNE (Generación Núcleo-Eléctrica), desde la minería del uranio hasta el desmantelamiento y disposición final del los componentes de la central".

Hoy día, nuevamente empiezan las presiones para poner nuevamente en discusión la alternativa nuclear en Chile. El senador PPD Guido Girardi, presidente de la Comisión Desafíos del Futuro, rechazó el intento de reponer en la agenda el debate sobre el uso de la energía nuclear, a través del informe que a fin de mes entregará el físico Jorge Zanelli al gobierno, el cual fue solicitado por el ministerio de Energía.

Jorge Zanelli es representante del ministerio en la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), organismo en el que lidera desde enero el Comité de Energía Nuclear de Potencia (CENP), conformado por 14 expertos, el cual se encuentra redactando el informe con el que se dará continuidad al debate interrumpido por los terremotos de Chile (2010) y Japón (2011).

1 Escala INES: Escala Internacional de Sucesos Nucleares o Radiológicos, su grado máximo es 7: Accidente Grave.

“El gobierno debe cerrar de una vez por todas este tema porque la energía nuclear es del pasado, del siglo XX. Los países que apostaron por ella como base de su matriz energética hoy están en retroceso. Alemania, Japón e incluso Francia -país emblemático en este tipo de energía- comenzaron una política de cierre o reducción de sus centrales nucleares”, afirmó hoy Girardi y recordó que “Japón, país que decía tener las centrales más seguras del mundo, frente a un evento sísmico sufrió gravísimos problemas que van a afectar a esa sociedad por cientos de años”, dijo en referencia al incidente de la central nuclear de Fukushima.²

América Latina tiene 6 reactores nucleares funcionando comercialmente en este momento: dos en Brasil (en Angra dos Reis), dos en Argentina (Atucha I en Buenos Aires y Embalse en Córdoba) y dos en México (Laguna Verde I y II en Veracruz). Chile no ha desarrollado a la fecha inversiones para la generación de electricidad en base a energía nuclear. Solo dispone de dos centros experimentales de trabajo que apuntan a la investigación científica y al dominio de la tecnología nuclear: el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre y el Centro de Estudios Nucleares de La Reina.

Esta realidad hace que nuestro país tenga una normativa muy precaria e insuficiente para abordar la generación de electricidad en base a la energía nuclear. En todo caso la legislación al respecto tiene ya una larga historia.

2. Legislación para el uso de la energía nuclear

Como se ha señalado, en Chile no existe generación eléctrica en base a energía nuclear. Sin embargo existen diversas actividades en los campos de la medicina, la industria y la investigación relacionadas con el tema nuclear. Estas actividades son reguladas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CChEN) que fiscaliza, a través de diversas regulaciones, el uso y manejo de materiales radiactivos.

En Anexo se incluye un listado de textos legales (leyes, decretos o resoluciones) que regulan diferentes aspectos del uso de instalaciones nucleares, y, uso, transporte y almacenamiento de materiales radiactivos. El listado se ha extraído de Ley Chile,

2 “Rechazan informe que busca reponer debate nuclear en Chile”, latercera.com, 15 junio 2015. <http://www.latercera.com/noticia/tendencias/2015/06/659-634456-9-rechazan-informe-que-busca-reponer-debate-nuclear-en-chile.shtml>

Biblioteca del Congreso Nacional.

La mayor parte de estos textos no se refiere a asuntos vinculados con el uso y seguridad de la energía nuclear para la producción de energía sino a diversos aspectos relacionados como:

- normativas para el transporte de material radiactivo,
- contaminación de medios aéreos, acuáticos y terrestres con material radiactivo,
- aprobación de diversos convenios internacionales sobre la materia,
- protección de las personas,
- diferentes acuerdos de cooperación internacional sobre la materia,
- definición de plantas de personal y nombramientos de personal directivo en la Comisión Chilena de Energía Nuclear,
- adhesión a tratados y acuerdos internacionales para el uso pacífico de la energía nuclear, la no proliferación de armas atómicas y asistencia en caso de incidentes nucleares,
- otras materias.

Por su carácter circunstancial y falta de relevancia, hemos eliminado del listado en Anexo, un conjunto de decretos muy específicos y circunstanciales como resoluciones que autorizan la circulación a vehículos específicos en días determinados.

2.1. La Comisión Chilena de Energía Atómica

Por Decreto N° 432, del 16 de abril de 1964, se crea una Comisión Chilena de Energía Nuclear, ad honorem, para asesorar al Gobierno sobre estas materias. En su artículo 1ro se establece: "Créase en el carácter de Asesora del Supremo Gobierno, la Comisión de Energía Nuclear,... quienes desempeñarán sus cargos en calidad de ad honorem."

Más adelante, por Ley N° 16.319 de 1965, se crea definitivamente una institución permanente llamada: Comisión Chilena de Energía Nuclear. Su Artículo 1ro dice: Créase una persona jurídica de derecho público que se denominará "Comisión Chilena de Energía Nuclear".

La Comisión Chilena de Energía Nuclear será un organismo de Administración Autónoma del Estado. Se regirá por las disposiciones de la presente ley, por sus Reglamentos y por los Reglamentos Internos que dicte su Consejo. Su domicilio será la ciudad de Santiago.

La Comisión Chilena de Energía Nuclear se relacionará con el Gobierno por intermedio del Ministerio de Energía (a la fecha de su creación era a través del Ministerio de Minería).

En su Artículo 3ro establece: El objeto de la Comisión será atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles, fisionables y radioactivos.

Las funciones de la Comisión en cumplimiento de su objeto serán especialmente:

- a) Asesorar al Supremo Gobierno en todos los asuntos relacionados con la energía nuclear, y en especial, en el estudio de tratados, acuerdos, convenios con otros países o con organismos internacionales, en la contratación de créditos o ayudas para los fines mencionados; en el estudio de disposiciones legales o reglamentarias relacionadas con el régimen de propiedad de los yacimientos de minerales, de materias fértiles, fisionables y radioactivos, con los peligros de la energía nuclear y con las demás materias que están a su cargo;
- b) Elaborar y proponer al Supremo Gobierno los planes nacionales para la investigación, desarrollo, utilización y control de la energía nuclear en todos sus aspectos;
- c) Ejecutar, por sí o de acuerdo con otras personas o entidades, los planes a que se refiere la letra b);
- d) Fomentar, realizar o investigar, según corresponda y con arreglo a la legislación vigente, la exploración, la explotación y el beneficio de materiales atómicos naturales, el comercio de dichos materiales ya extraídos y de sus concentrados, derivados y compuestos, el acopio de materiales de interés nuclear, y la producción y utilización, con fines pacíficos, de la energía nuclear en todas sus formas, tales como su aplicación a fines médicos, industriales o agrícolas y la generación de energía eléctrica y térmica.
- e) Propiciar la enseñanza, investigación y difusión de la utilización

de la energía nuclear, y colaborar en ellas;

f) Colaborar con el Servicio Nacional de Salud en la prevención de los riesgos inherentes a la utilización de la energía atómica, especialmente en los aspectos de higiene ocupacional, medicina del trabajo, contaminación ambiental, contaminación de los alimentos y del aire. Deberá mantener un sistema efectivo de control de riesgos para la protección de su propio personal, y para prevenir y controlar posibles problemas de contaminación ambiental dentro y alrededor de sus instalaciones nucleares;

g) Ejercer en la forma que determine el Reglamento el control de la producción, adquisición, transporte, importación y exportación, uso y manejo de los elementos fértiles, fisionables y radioactivos, y

h) Anualmente la Comisión proporcionará a las Comisiones de Minería y Economía y Comercio de ambas ramas del Congreso una memoria conteniendo el desarrollo de sus actividades.

En su Artículo 9no se establece la composición del Consejo Directivo de la Comisión que estará integrado por:

a) El Presidente de la Comisión, que lo presidirá, designado por el Presidente de la República;

b) Un representante del Ministro de Energía, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél;

c) Un representante del Ministro de Salud, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél;

d) Un representante del Consejo de Rectores, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél;

e) Un representante del Comandante en Jefe del Ejército, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél;

f) Un representante del Comandante en Jefe de la Armada, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél, y,

g) Un representante del Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea, designado por el Presidente de la República, a proposición de aquél.

2.2. Planes de desarrollo de la Nucleo-electricidad

En cuanto a la elaboración de planes de desarrollo en el ámbito de la energía nuclear, el 21 de Diciembre de 1994, por decreto Núm. 302, se establece:

Que la Comisión Chilena de Energía Nuclear ha solicitado a esta Secretaría de Estado, en cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 3º, letra b), de su Ley orgánica N° 16.319, la aprobación del Plan Nacional de Desarrollo Nuclear;

Por Decreto N° 1.304 del 9 de noviembre de 1983 se establece la necesidad de adecuar el objetivo en materia de desarrollo nuclear el que, conjugado con las políticas pertinentes, debería colaborar a mejorar el desarrollo económico, social, científico y cultural del país. Establece la conveniencia de agilizar el proceso de desarrollo nuclear, conforme a los Principios Generales del Supremo Gobierno, dando a la energía nuclear la prioridad relativa que corresponda dentro de los planes y programas del Estado de Chile.

En este sentido establece: en su Artículo 1º.- Apruébanse como objetivos y políticas para el desarrollo nuclear chileno, las contenidas en el Anexo al presente decreto y que se incorporarán al Documento "Programa Socio Económico 1981-1989", como letra G del párrafo III "Sector Servicios", bajo el título "Energía Nuclear", sancionado por decreto supremo N° 2.203 de 1981, del Ministerio del Interior.

2.3. El Informe Zanelli

Por Decreto N° 49 del 19 de julio de 2007, se crea un Grupo especial para asesorar al Gobierno a través del Ministerio de Minería para "la evaluación de los estudios tendientes a la identificación de oportunidades, ventajas, desafíos y riesgos que involucraría el uso de la energía nuclear para la producción de electricidad en nuestro país, dentro del marco de los tratados internacionales firmados por Chile sobre la materia." Este grupo emitió, en septiembre de 2007, un informe final conocido como Informe Zanelli, en honor a don Jorge Zanelli Iglesias, doctor en física, que presidió este grupo de trabajo.

En materias de ajustes a la legislación este Informe señala la necesidad de ajustar el marco regulatorio actual para asegurar el despacho continuo de estas centrales. De acuerdo con la propuesta

del Informe, la nucleoelectricidad compartiría con la energía hidroeléctrica el segmento de base de la matriz de generación, pudiendo reemplazar a segmentos de combustibles fósiles, sin consideraciones respecto del costo marginal de generación de cada segmento.

Define estos desarrollos como "decisiones estratégicas del Estado, lo que exige de la autoridad un papel activo tanto en el proceso de evaluación, como en la decisión, en la selección de las opciones técnicas, en el diseño del marco regulatorio global, en la adopción de las regulaciones internacionales y en la fiscalización de ambos niveles de regulación."

El Informe en su página 11 dice que la introducción de la nucleoelectricidad podría alterar los principios con que funciona el sistema eléctrico nacional en lo que se refiere al ingreso y salida de los diferentes generadores de energía a la red. La nucleoelectricidad necesita prioridad total pues su detención y nueva puesta en marcha es un proceso lento y complejo. Así mismo establece que, conforme al modelo eléctrico imperante, deben ser entidades privadas quienes materializarían estas inversiones.

El Informe recomienda la elaboración de diversos estudios de base, entre otros: en el ámbito del marco regulatorio de la salud, establece la necesidad de estudios sobre el marco jurídico y regulatorio de la salud (incluyendo las responsabilidades pública y privadas) respecto de los incidentes, accidentes y emergencias derivadas de la operación de una planta, del transporte y manejo de combustible y desechos radiactivos.

4. Los problemas de la Nucleo-Electricidad

Según Rosa Moreno y Sara Larraín, entre otros autores, la Energía nuclear no puede ser considerada una fuente con futuro.³

Hoy día la humanidad depende en más de un 80% del suministro de combustibles fósiles: petróleo (35,3%), gas natural (20,7%) y carbón (24,5%). Si a esto sumamos el 6,4% que representa la energía nuclear, se concluye que el desarrollo futuro de la humanidad está gravemente comprometido por la excesiva dependencia de recursos energéticos no renovables (sobre el 85%), todos en vías de agotamiento más o menos inminente.

3 Rosa Moreno y Sara Larraín, "La Energía Nuclear No Tiene Futuro", 2007.z

Respecto del uranio, otro recurso energético primario no renovable, las reservas mundiales existentes cubrirían, dependiendo de las diferentes proyecciones, un período de 60 a 100 años a los actuales niveles de consumo⁴. Hoy día la energía atómica de fisión representa el 6,4% de las fuentes primarias de energía a nivel mundial, y un cálculo simple nos muestra que, si pensáramos en cubrir un 20% de los requerimientos energético mundiales con energía nuclear, las reservas solo alcanzan para 27,2 años⁵. Es decir, menos de lo que se demora en madurar un proyecto de inversión en una planta nuclear.

Adicionalmente, persisten dos problemas bastante conocidos en relación con la energía nuclear de fisión: la enorme peligrosidad potencial de los (poco frecuentes) accidentes nucleares, y, la disposición y destino final de los residuos radiactivos, problema que aún no tiene solución definitiva, en ningún país, ni en ninguna planta nuclear existente, en funcionamiento o ya cerrada.

La limitación objetiva de los recursos energéticos no renovables (petróleo, gas, carbón y uranio), sumado a los crecientes problemas ambientales que representan su producción y consumo, sólo nos deja como solución abordar desde ya el consumo eficiente de la energía y el uso creciente de las energías renovables incluyendo la energía hidráulica, bajo condiciones de reducir los impactos locales.

Las críticas de los círculos medio ambientalistas al uso de la energía nuclear de fisión apuntan a:

- el riesgo de accidentes (de baja probabilidad pero de enorme gravedad e impacto),
- la acumulación inevitable de desechos peligrosos (problema

4 La tecnología para la explotación de la energía atómica de fusión, que no produce desechos radiactivos, está aún en pañales y no existe un horizonte predecible en el tiempo para la maduración de esta tecnología (desde hace 50 años que se anuncia su implementación para los próximos 20 años).

5 Hoy en día existen avances importantes, a nivel de prototipos, en las tecnologías de reprocesamiento del combustible nuclear usado. China acaba de anunciar que podría prolongar en 60 veces la duración de sus reservas, estimadas hoy en día en 50 a 70 años. Sin embargo, estamos aún lejos de poder afirmar que está maduro el desarrollo de plantas de escala productiva que pueden reprocesar el combustible usado. Por otra parte, el desarrollo de una planta de reprocesamiento es solo un aspecto en la búsqueda de la autosuficiencia energética. Es especialmente necesario poder reemplazar los reactores de agua a presión, denominada de segunda generación, por los reactores de neutrones rápidos, los llamados cuarta generación, lo que permite el uso de uranio reprocesado y así mantener sus reservas de más tiempo. Estas tecnologías no están aún disponibles y no existe un horizonte de tiempo certero para su disponibilidad.

aún sin solución a nivel mundial),

- las subvenciones directas e indirectas de los Estados al desarrollo de esta tecnología, que, junto con el costo no incorporado de los grandes accidentes ocurridos, hace muy poco transparente el costo real de esta fuente de energía,
- la condición de recurso no renovable del combustible nuclear, y,
- la poca transparencia que suele rodear, en general, a la actividad nuclear.

Un segundo argumento a favor de la nucleoelectricidad y que ha alcanzado un lugar destacado en la discusión actual es que la energía nuclear sería una energía "limpia" en relación al cambio climático: no generaría Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Un estudio realizado por Storm van Leeuwen and Smith demuestra que si se considera el ciclo completo del uranio, que incluye:

- la construcción de la planta,
- la operación de la misma durante su vida útil,
- la extracción y enriquecimiento del mineral de uranio,
- el cierre, desmantelamiento y descontaminación total del sitio de la planta, y,
- el manejo definitivo y final de todos los residuos de alta, mediana y baja radiactividad,

la nucleoelectricidad genera aproximadamente un tercio de los GEI de una planta de gas natural de igual potencia, y esto considerando combustible proveniente de minerales de uranio de alta ley y en roca blanda. Es importante resaltar que esto es así con rendimientos que se logran al utilizar uranio de alta ley y minerales de baja dureza. Al considerar minerales de baja ley y alta dureza la generación de GEI puede igualar e incluso superar emisión de GEI de una planta de gas natural. Para comprender este problema en toda su dimensión, es necesario tener presente que un alto porcentaje de las reservas existentes certificadas son de baja ley y se encuentra en minerales duros⁶.

⁶ Las reservas de uranio incluidas en minerales ricos representan menos del 0,02% si el mineral es duro; y menos del 0,01% si el mineral es blando. Con estos parámetros las reservas alcanzarían para cubrir menos de una década del consumo mundial (55 EJ; $55 * 10^{18}$ J). "Nuclear

Esta afirmación se ve tácitamente confirmada en el ya citado Informe Zanelli⁷. Pese al tono general de aprobación de la nucleoelectricidad de este informe, esta consideración fue incluida en la nota al pie de página de la página 25 del Informe, que dice: "Las dudas se levantan respecto de si la condición de proceso limpio se mantiene al considerar el ciclo completo de la GNE, desde la minería del uranio hasta el desmantelamiento y disposición final de todos los componentes de la central."

Finalmente, el problema más visible para la opinión pública fuera del riesgo de accidentes gravísimos, y que aún no encuentra solución, es la disposición final: segura y estable de los residuos radiactivos que generan las más de 400 plantas nucleares repartidas en el mundo.

Hasta la fecha la solución transitoria aplicada es el confinamiento temporal de estos residuos en dispositivos y lugares cercanos a las plantas generadoras. Los accidentes, o incidentes de fugas, aunque de baja gravedad, en estos establecimientos son frecuentes y son minimizados por los responsables. Así todo, logran traspasar la barrera de silencio que rodea el tema y trascienden a la prensa. A la fecha, ninguna de las plantas que a nivel mundial ya han cumplido su ciclo de vida ha sido desmantelada, y tampoco se han removido y confinado de forma definitiva los residuos radiactivos generados.

Los desechos radiactivos acumulados a la fecha se pueden ver en el siguiente cuadro.

Power: the Energy Balance", Jan Willem Storm van Leeuwen and Philip Smith, agosto de 2005, Chapter 1, pág. 5.

7 Informe elaborado por el Grupo de Trabajo en Núcleo-Electricidad organizado por instrucción de la Presidenta de Chile, Sra. Michelle Bachelet, septiembre de 2007.

Tabla 1. Inventario Mundial del Uranio Empobrecido (1996-2002)

País	Organización	Toneladas almacenadas	Fecha
EE.UU.	DOE	480.000	2002
Rusia	FAEA	460.000	1996
Francia	COGEMA	190.000	2001
Reino Unido	BNFL	30.000	2001
Alemania	URENCO	16.000	1999
Japón	JNFL	10.000	2001
China	CNNC	2.000	2000
Corea del Sur	KAERI	200	2002
Sudáfrica	NECSA	73	2001
TOTAL		1.188.273	2002

Fuente: WISE Uranium Project en base a datos entregados por los países a la OCDE.

Adicionalmente, es importante tener en consideración que la opción nuclear en general es excluyente con otras fuentes alternativas. Una vez iniciado el camino nuclear, este marcará el desarrollo energético de todas las otras alternativas en el corto y mediano plazo, e incluso en el largo plazo: hay que garantizar la rentabilidad de diseño del proyecto nuclear. Una planta nuclear no puede detenerse (entrar o salir libremente del sistema) ni puede competir de igual a igual con otras fuentes. Por otra parte, una planta nuclear es altamente incidente en la matriz energética total; por ejemplo en Chile, cubriría del 15% al 25% de las necesidades del sistema interconectado central.

Si el país busca desarrollar la tecnología que cubra todas las etapas del proceso nuclear, incluyendo el enriquecimiento del combustible, el desarrollo de la energía nuclear pone al país en riesgo de ser acusado de buscar "el desarrollo de armas atómicas" aunque el país sea signatario del Tratado de No-Proliferación y miembro de pleno derecho de la Agencia Internacional de Energía Atómica.

Por último, le energía nuclear es uno de los asuntos de mayor

opacidad en la información pública internacional, pasando por las tecnologías utilizadas, la producción, comercialización y transporte de combustible nuclear, y de los incidentes o accidentes que sufren las plantas nucleares.

En cualquier caso, en Latinoamérica como en el resto del planeta, la urgente necesidad de encontrar una alternativa al petróleo va a hacer que se libere una dura batalla entre defensores y detractores de la energía nuclear.

5. La diversificación de la matriz energética y las Energías Renovables No Convencionales (ERNC)

Recordemos que los combustibles fósiles, es decir, el petróleo, gas natural y carbón son los principales responsables de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) causantes del calentamiento global o cambio climático.

En Chile el cuadro no es muy diferente, aunque un poco mejor que las cifras globales. Hasta 1995 el petróleo y sus derivados representaban un 49%, el gas natural un 10%, el carbón 13%, la biomasa (leña) un 20% y la hidroelectricidad un 9% de las fuentes de energía primaria.

Con la incorporación de las importaciones de gas natural argentino a partir de 1996, entre otros cambios en la matriz energética, se produjo un aumento de la participación de esta fuente primaria hasta llegar a un 29% en 2003, lo que llevó a una reducción relativa del petróleo y sus derivados a un 40%, el carbón a un 10% y la biomasa a un 15%, y de la participación de la energía hidroeléctrica a un 6%.

Luego de la brusca disminución del suministro de gas natural argentino, la matriz energética chilena volvió a aproximarse a los valores del año 95, conservando eso sí, una mayor participación del gas natural. Si consideramos el conjunto de los combustibles fósiles, éstos pasaron de un 62% de la matriz en 1995 a un 73% en 2007.

Tabla 2. Matriz de Energía Primaria en Chile

Matriz Energética Chilena			
Energía Primaria			
Petróleo y derivados			
Gas natural			
Carbón			
Biomasa (leña)			
Hidráulica			

El horizonte de tiempo para el agotamiento definitivo de las reservas de estos recursos se estima en 45 años para el petróleo, de 60 años para el gas natural, y solo el carbón tiene un horizonte de vida superior a los 200 años.

En esta proyección de la producción de gas natural no se considera el gas de esquisto, nueva fuente con gran desarrollo en algunos países, como los EEUU, pero prohibida su explotación en otros países, como Francia. La prohibición se debe a los impactos ambientales implícitos en las actuales tecnologías de extracción utilizadas. Si se consideran las reservas de petróleo y gas de esquisto las proyecciones aumentan las reservas conocidas en un 12% para el petróleo y en un 50% para el gas natural,.

El gran consumo de agua dulce, más la contaminación de las aguas subterráneas que puede provocar su extracción con la tecnología llamada de "fracturación hidráulica" tiene dimensiones aún no bien definidas. La "fracturación hidráulica" consiste en la fracturación de las rocas de esquisto que contienen el gas natural, mediante la inyección de agua y arena a alta presión, con productos químicos que son altamente contaminantes. Ya existen múltiples denuncias de contaminación de las napas subterráneas. Por otra parte, el alto consumo de agua dulce plantea un problema para su disponibilidad futura, siendo esta disponibilidad cada vez un problema más acuciante.

La aparición del gas de esquisto en el horizonte energético ha impulsado a algunos analistas a decir que el "peak del petróleo" ya no sería un problema, pues habría disponibilidad prácticamente ilimitada en el mediano plazo. La reflexión que surge de esta

afirmación es que con esto se “olvida” que el consumo de combustibles fósiles tiene relación directa con el aumento de la emisión de GEI, y esto, independiente del tipo de combustible fósil utilizado, y más allá de una eventual mejora en la eficiencia energética del sistema en su conjunto.

Por otra parte, en los propios EEUU, país que más promueve el uso de esta fuente de gas, se objeta su explotación por el alto consumo de agua dulce, recurso sometido a estrés, y se critican los estudios que minimizan los impactos ambientales asociados.

Con la “fracturación hidráulica” se pone de manifiesto una vez más la relación que existe entre la producción de energía y los impactos ambientales que esta actividad produce. Producir energía no es inocuo: la escasez de agua dulce no contaminada, por una parte, y el cambio climático, por otra, dependen en gran medida de las políticas energéticas que se desarrollen en el futuro.

Sin embargo, hoy en día hay quienes plantean que estaríamos avanzando hacia una “edad dorada del gas de esquisto”. Esto, mientras que el auge de petróleo no convencional en América del Norte debilita el dominio de los productores tradicionales, como el Oriente Medio o Rusia.

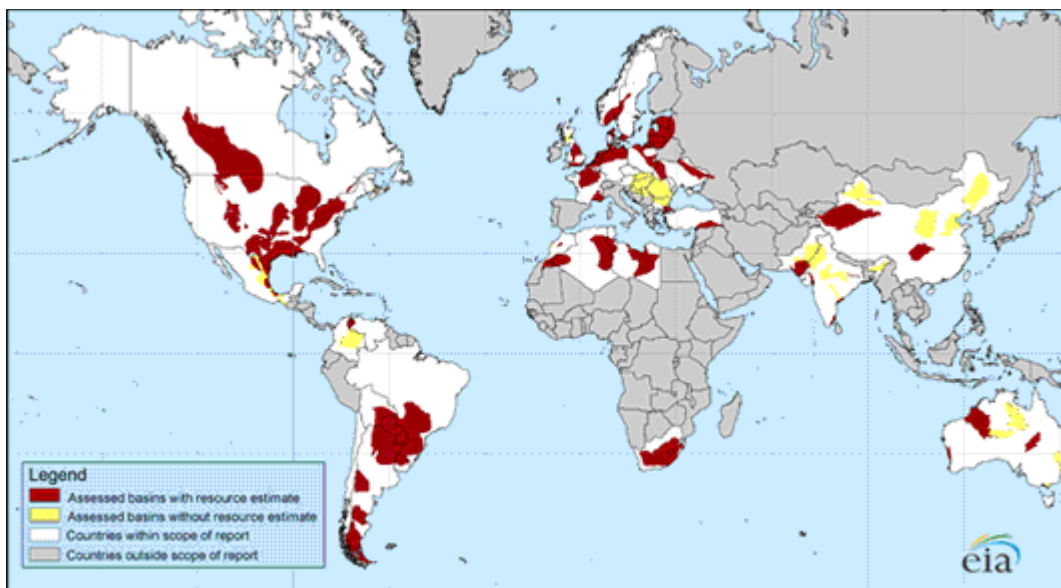
De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE), para el año 2035, el gas no convencional, mayormente gas de esquisto (shale gas), proveerá casi el 30% de la producción mundial de gas, frente a un 14% actual. Sin embargo, mientras que muchos países realizan sondeos y evaluaciones de sus reservas, sólo Estados Unidos está entregado a una explotación en gran escala de este recurso tan prometedor para algunos como criticado por otros.

Sin embargo, en un balance de las catástrofes y eventos extremos acaecidos en los EE.UU. durante el año 2012 realizado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), además de destacar las temperaturas extremas, y el impacto del huracán Sandy sobre la ciudad de Nueva York, se señala que debido a la escasez extrema de lluvias, que superan los registros desde el año 1895, se ha debido interrumpir la fracturación hidráulica en algunas cuencas por la situación de sequía extrema durante el mes de julio.

Cualquiera sea el desarrollo futuro del gas de esquisto, la geopolítica global de los recursos energéticos estará cambiando en los próximos años.

Finalmente los actuales costos de extracción del petróleo y del gas de esquisto están bordeando los precios de mercado de estos recursos, con lo cual su futuro desarrollo está puesto en tela de juicio⁸.

Figura 1. Reservas comprobadas de gas de esquisto a nivel mundial



Fuente: Lemonde.fr

Tal como se dice más arriba, la limitación objetiva de los recursos energéticos no renovables (petróleo, gas, carbón y uranio) sólo nos deja como solución abordar desde ya el uso creciente de las energías renovables, como la proveniente del Sol.

En efecto, la energía radiante que incide en la Tierra proveniente del Sol nos proporciona diariamente el equivalente a la energía que consume la humanidad en 3.000 días. En otras palabras, la energía solar que incide sobre la Tierra en un año equivale al consumo total de energía de la humanidad durante 30 siglos.

Evidentemente esta energía no es enteramente aprovechable por la humanidad, pero, una parte suficiente de la energía solar se la puede captar directamente como energía solar térmica o fotoeléctrica, o puede recuperarse desde otras formas de energía

8 "La caída del precio del petróleo, Hacia un nuevo orden petrolero global", Alicia González, Madrid 30 OCT 2014, http://internacional.elpais.com/internacional/2014/10/29/actualidad/1414611145_974772.html

renovable que resultan de la transformación natural de la energía solar en otras fuentes de energía renovables como: eólica, mareomotriz, biomasa e hidráulica. Adicionalmente existe, especialmente en Chile, la energía geotérmica, otra fuente de energía renovable.

Se ha instalado la idea de que las energías renovables sólo pueden cubrir una parte limitada de las necesidades energéticas globales: 5%, 10% o, en el mejor de los casos, 20%. Hermann Scheer, uno de los pilares fundamentales del desarrollo de las energías renovables en Alemania, desmiente categóricamente esta afirmación en su libro "Energy Autonomy" y no pone límite alguno al desarrollo a corto, mediano y largo plazo de las energías renovables.

Hoy día países como Alemania y España bordean el 20% de sus fuentes primarias con ERNC y van por más. Por otra parte, Islandia y Noruega, aunque países pequeños y de una geografía muy especial (aunque podría ser comparable a la chilena), tenían el año 2009 una matriz energética compuesta en un 84,2% y un 43,3% de energías renovables no convencionales respectivamente.⁹

9 Informe de Desarrollo Humano, 2013, PNUD.

Anexo 1. Listado de principales textos legales chilenos relativos a la Energía Nuclear

Fuente: Ley Chile, Biblioteca del Congreso Nacional

Texto legal	Fecha	
Decreto 432	13-May-64	MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN
Ley 16319	23-Oct-65	MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN CREA LA COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR
Decreto 11	19-Ene-74	MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN SUBSECRETARIA DE ECONOMIA, FOMENTO Y RECONSTRUCCION APRUEBA PLAN NACIONAL DE RECURSOS RADIOACTIVOS
Decreto Ley 2224	08-Jun-78	MINISTERIO DE MINERÍA CREA COMISION NACIONAL DE ENERGIA
Ley 18248	14-Oct-83	MINISTERIO DE MINERIA CODIGO DE MINERIA
Decreto 1304	31-Dic-83	MINISTERIO DEL INTERIOR APRUEBA OBJETIVOS Y POLITICAS PARA EL DESARROLLO NUCLEAR CHILENO
Ley 18730	10-Ago-88	MINISTERIO DE MINERÍA MODIFICA LA LEY N° 18.302, SOBRE SEGURIDAD NUCLEAR
Ley 18939	22-Feb-90	MINISTERIO DE MINERÍA

		MODIFICA LA LEY N° 16.319, QUE CREO LA COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR
Decreto 132	26-Abr-94	MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES PROMULGA LAS ENMIENDAS AL TRATADO PARA LA PROSCRIPCION DE LAS ARMAS NUCLEARES EN LA AMERICA LATINA (TRATADO DE TLATELOLCO)
Decreto 302	01-Abr-95	MINISTERIO DE MINERÍA APRUEBA PLAN NACIONAL DE DESARROLLO NUCLEAR
Decreto 977	13-May-97	MINISTERIO DE SALUD APRUEBA REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS
Ley 19825	01-Oct-02	MINISTERIO DE MINERÍA MODIFICA LA LEY N° 18.302, SOBRE SEGURIDAD NUCLEAR
Decreto 49 Derogado	19-Jul-07	MINISTERIO DE MINERÍA CREA GRUPO DE TRABAJO EN NUCLEOELECTRICIDAD (Informe Zanelli)
Decreto 157 EXENTO	06-Jun-08	MINISTERIO DE MINERÍA PONE TÉRMINO A GRUPO DE TRABAJO EN NÚCLEO-ELECTRICIDAD
Ley 20402	03-Dic-09	MINISTERIO DE MINERÍA SUBSECRETARÍA DE MINERÍA CREA EL MINISTERIO DE ENERGÍA, ESTABLECIENDO MODIFICACIONES AL DL N° 2.224, DE 1978 Y A OTROS CUERPOS LEGALES
Decreto 148	25-Feb-12	MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES PROMULGA LA CONVENCION CONJUNTA SOBRE SEGURIDAD EN LA GESTION DEL COMBUSTIBLE GASTADO Y SOBRE SEGURIDAD EN LA GESTION DE DESECHOS RADIOACTIVOS

