

## ECOLOGÍA Y SOCIOLOGÍA POLÍTICA DE LA NUCLEOELECTRICIDAD

Gian Carlo Delgado Ramos\*

### RESUMEN

De cara al creciente calentamiento global, se reconoce con mayor fuerza la necesidad de un cambio o por lo menos reajuste del patrón energético mundial. Aunque se habla de numerosas fuentes de energías ‘alternativas’ como potenciales caminos a seguir, la energía nuclear se viene promoviendo entusiastamente como “la” solución. El lobby nuclear nos informa que esa energía ya es económicamente competitiva y que, además, es ambientalmente viable pues se trata de una energía “limpia” y segura. Sin embargo, múltiples argumentos señalan lo contrario, a lo que se suma el problema no resuelto de los residuos nucleares y la cuestión de la proliferación nuclear. El presente texto revisa los aspectos antes mencionados y aterriza el análisis al caso de algunos países latinoamericanos que han hecho expresa su intención de promover y/o expandir la nucleoelectricidad entre los que se incluye Argentina, Brasil, México y Venezuela.

**Palabras Clave:** Energía Nuclear, Cambio Climático, Seguridad Energética, América Latina.

---

\* Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Barcelona (España). Investigador asociado del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores. Su trabajo puede consultarse en: [www.giandelgado.net](http://www.giandelgado.net)

Artículo recibido en Junio de 2009 y arbitrado y arbitrado en Septiembre de 2009.

## ECOLOGY AND POLITICAL SOCIOLOGY OF NUCLEAR ELECTRICITY

### ABSTRACT

With the growing global warming intensifies strongly the need for change or at least an adjustment of the global energy pattern. Although we talk about numerous sources of energy 'alternatives' as potential ways forward, nuclear power has been enthusiastically promoted as the solution. The corporative lobby says that nuclear energy is already economically competitive, and that is also environmentally viable because it is a clean and safe power. However, many arguments suggest otherwise, in addition to the unresolved problem of nuclear waste and the issue of nuclear proliferation. This paper reviews the above points and the case of some Latin American countries that have expressed their intention to promote and / or expand nuclear power including Argentina, Brazil, Mexico and Venezuela.

**Key words:** Nuclear Energy, Climate Change, Energetic Security, Latin America.

### **Introducción: Una breve mirada a los límites del patrón energético de los combustibles fósiles**

Desde su explotación como combustible, el petróleo ha registrado consumos exponenciales. Las cifras indican que se pasó de unos miles de barriles de crudo al año a mediados del siglo XIX, a más de 65 millones de barriles al día para fines del siglo XX (Heinberg., 2003: 92). Los principales sectores de consumo de petróleo son la generación de electricidad, el transporte y la petroquímica.

El consumo energético es sin embargo desigual. Se calcula que los habitantes de los países con mayores ingresos consumen unas 21 veces per capita más que los de bajos ingresos. Cifras a nivel mundial precisan además que 2.4 millardos de personas utilizan biomasa tradicional (e.g., madera) para cocinar, mientras que 1.6 millardos no tienen acceso a la electricidad (Bank Information Center, 2006: 21). En plena discrepancia, algunas estimaciones calculan que, en cambio, el conductor estadounidense consume en promedio su peso en petróleo crudo cada semana. Esto dicho de otro modo, significa a

nivel mundial, que los automóviles sobrepasan en peso a la población en una relación de 4 a 1 y consumen en combustible una cantidad de energía cercana a esa misma proporción que lo que la gente en alimentos (Ibid: 71).

Los datos anteriores son un botón de muestra sobre el hecho de que el grueso del consumo de combustibles fósiles está vinculado a los ingresos y por lo tanto a la variable de clase social. Por tanto, cuando se habla de patrones intensivos de consumo energético, en buena medida nos referimos al de una fracción de la población mundial; al de unas clases medias y altas que, carentes en general de conciencia socio-ambiental, presiona y avala en su cotidianidad la permanencia de patrones de consumo insostenibles. De ahí que, según la *Energy Information Agency* (EIA), la demanda global de petróleo para el año 2020, aumentará en un 60% al alcanzar un monto de 120 millones de barriles diarios (Heinberg, 2003: 92).

Se trata de un escenario en el que, por si fuera poco, se está llegando al punto máximo de producción de petróleo convencional “barato” y de fácil acceso (excluye arenas bituminosas y otras formas de petróleo pesado [1]); un factor que incrementa no sólo los costes económicos y ambientales de la producción de energía en base a combustibles fósiles, sino también de aquellos relacionados tanto a garantizar el acceso a las reservas, como a velar por la “seguridad” de su extracción y transportación (Delgado y Saxe, 2007).

Diversos estudios de geólogos petroleros han calculado que la punta de la *campana de producción mundial* [2] de petróleo convencional se alcanzará a más tardar en 2020. Colin J. Cambell (1997) estima que el “pico” se tocará entre el 2008 y el 2010, esto es porque considera que el 80% de los pozos petroleros conocidos fueron descubiertos en 1973, mismos que en su gran mayoría ya están en fase de declinación. Kenneth Deffeyes (2001) habla de un pico de entre 2003 a 2009, mientras que L. F. Ivanhoe, fundador del *Hubbert Center for Petroleum Supply Studies* en la *Colorado School of Mines*, coincide al señalar que el pico se alcanzará entre el 2000 y el 2010. Otros, como el geólogo Thomas Magoon del *US Geology Survey* (USGS) o el *Oil & Gas Journal*, son relativamente más optimistas y hablan de un rango de años de entre el 2003 y el 2020. (Heinberg, 2003: 113; Department of Energy, 2004).

En este contexto, es de notarse entonces que, conforme la complejidad de las sociedades modernas incrementa el consumo de energía, aumenta en igual medida, la generación de entropía (o aquella energía que ya no puede ser

convertida en trabajo); todo, al tiempo que se disminuye la capacidad de carga de los ecosistemas debido a la generación exponencial de residuos. Pero, a diferencia de civilizaciones pasadas, la dimensión y velocidad con que el sistema capitalista de producción depreda los recursos y produce entropía, lo coloca en una situación en la que su propia sobrevivencia es puesta en cuestión –la denominada “segunda contradicción del capitalismo” (O’Connor, 2001).

El fenómeno de calentamiento global es ejemplo paradigmático. Producto, sobre todo de la quema indiscriminada de combustibles fósiles, la cantidad de carbono en la atmósfera, que se mantuvo constante en los últimos 10 mil años en el rango de las 280 partes por millón (ppm), pasó a 360 ppm en 1998 y a 383 ppm en 2006 (Heinberg, 2003: 32). No obstante, pese al notorio incremento en la presencia pública de discursos “verdes”, países como EUA y China siguen negándose a tomar medidas formales, puntuales y calendarizadas que mitiguen los efectos del calentamiento global, de ahí que se buscara pactar el principio de “responsabilidad diferenciada”, en vigor a partir de 2009, puesto que permite un vacío de compromisos puntuales y deja abiertas todas las “opciones”, incluyendo la nuclear (Sin autor, 2007-A: 5).

La negativa de parte de esos dos países, y más recientemente -en la reunión de Bali de diciembre de 2007- también de parte de India, es por demás llamativa. Tan sólo los primeros devoran, en conjunto, el 40% de la energía mundial. Mientras uno tiene una gran población y es el centro maquilador del planeta, el otro, con sólo el 4% de la población, contribuye con una quinta parte de la emisión de gases de efecto invernadero.

La huella ecológica mundial, indicador que calcula -en base al actual modo de vida- el espacio territorial necesario, tanto para producir los recursos y energía empleados, como para asimilar los residuos generados por la humanidad, ya sobrepasa entre un 25% y un 39% al planeta Tierra, dependiendo de los cálculos [3]. Es decir, necesitamos, en el mejor de los casos, un cuarto de planeta adicional para poder mantener los ritmos de consumo y desecho de principios del siglo XXI, mismos que en su gran mayoría corresponden a los países metropolitanos, seguidos por las economías asiáticas, principalmente China y Japón.

Instrumentos internacionales, como el Protocolo de Kyoto o su eventual sustituto a negociarse en Copenhague 2009 y que entraría en operación en 2013, son pues medidas limitadas y provisionales, sobre todo por la fuerte

especulación que acarrea consigo el mercado de bonos de carbono y que, en los hechos, no estimula una reducción importante en la emisión de gases de efecto invernadero como producto de una modificación de los patrones de producción y consumo que ya llegan a un índice de emisión que ronda los 70 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> cada 24 horas. La resistencia de cambio, tanto del patrón energético imperante como del ritmo despilfarrador de consumo, fue claro en las mencionadas negociaciones de Bali. Entonces y ante la fuerte negativa de EUA y sus “socios” de reducir para el 2020 entre un 25 y 40% las emisiones según los niveles de 1990 (a fin de mantener el aumento de la temperatura durante el siglo XXI entre 2 y 2.4° C), lo único que se acordó fue una escueta “hoja de ruta” en la que están ausentes, como se indicó, todo tipo de medidas y compromisos puntuales (Bello, 2007).

### **El paradigma de la energía nuclear**

Considerando las fuertes implicaciones socioambientales que genera la quema de combustibles fósiles, las propuestas giran alrededor de dos mecanismos: a) el cambio gradual del índice de consumo y b) la eventual transformación del patrón energético hacia otro diversificado que incluya crecientemente opciones “sustentables”.

El meollo central es que la reducción de patrones de consumo implica un decrecimiento económico, aunque no necesariamente de la calidad de vida. La consecuente caída de la tasa de acumulación y ganancia es riesgosa e inconveniente para la clase capitalista, de ahí que algunos sugieran que el avance tecnológico logrará traer las soluciones sin necesidad de que los patrones de consumo se modifiquen. Tal posición implica un peligroso optimismo tecnológico que no necesariamente se concretizará. La opción, por lo pronto, parece clara: comenzar un esfuerzo de relativo remplazo de las energías fósiles por otras como la eólica, la solar, la geotérmica, los controversiales agrocombustibles (Lavelle, 2007; Delgado, 2008-A; [www.biofuelwatch.org.uk](http://www.biofuelwatch.org.uk)), la hidroelectricidad de pequeña, mediana y gran escala (esta última altamente agresiva medioambientalmente (Delgado, 2006)) o la nuclear.

Así es, la energía nuclear, se nos informa, aparece como una de las mejores alternativas de entre el conjunto de opciones puesto que, se supone,

no contribuye con la emisión de gases de efecto invernadero, todo al tiempo que se permite reducir la dependencia energética de ciertos países y/o regiones.

En 2004, al considerar la energía nuclear como “una fuente limpia” –o de “aire limpio”–, el Instituto de Energía Nuclear de EUA, líder del lobby de la industria nuclear de ese país, sugería asociar la necesidad de construir unas 50 plantas nuevas para el 2020, con el establecimiento de un discurso y un estímulo gubernamental “que debía ser vinculado directamente a la producción de combustibles alternativos limpios” (Rainwater van Suntum, 2005). Ello contradice la legislación de 1998 de la National Advertising Division del Council of Better Business Bureaus de ese país y que establece que dicho Instituto debía discontinuar su publicidad “inexacta” que asegura que la energía nuclear es limpia (Ibid). Y, sin embargo, así se viene haciendo no sólo en EUA, sino a nivel mundial.

Con un fuerte poder político-económico, el lobby nuclear mundial, más que ser inexacto, miente al sostener que la energía nuclear es limpia. Y es que, por ejemplo, no contempla toda la energía involucrada en la extracción del mineral (uranio de peso atómico 235 y 238), una actividad que, además, es humana y ambientalmente devastadora, tanto por las sustancias radioactivas que libera (sobre todo radón y radio-226, ese último un emisor alfa con una vida media de 1,600 años y que está asociado al cáncer (Caldicott, 1978: 50-51)), como por las bajas concentraciones en las que se encuentra el recurso: de entre unos cientos de gramos a un par de kilos por tonelada de roca en el mejor de los casos.

Datos de 2004 precisan que unas 50 minas en 16 países extrajeron 40 mil toneladas de uranio, lo que sugiere una remoción de por lo menos unos 20 millones de toneladas de roca si se asume una relación optimista de 2 kilos de uranio por tonelada removida (cálculo en base a datos de Edwards, 2006: 8). El costo ambiental y a la salud es evidente, más aún cuando el proceso extractivo involucra el uso de ácidos o técnicas de digestión alcalina que generan desechos líquidos con isótopos como el mencionado radio-226 (Ibid).

La ingeniería contable de la industria nuclear deja también fuera el input energético requerido para el procesamiento y enriquecimiento de uranio [4]; la producción de varillas de combustible; la edificación de toda la infraestructura relacionada a lo anterior, incluyendo la dedicada a la construcción de los reactores y las plantas nucleoelectricas; la energía adicional necesaria para la producción de otros inputs necesarios para la puesta en marcha de los reactores

(dígase de los materiales moderadores o controladores de la fisión, i.e., agua pesada, grafito); la utilizada en la transportación y almacenamiento, tanto de desechos radioactivos y el decomisado de viejos reactores, así como de infraestructura contaminada y contenedores de desechos; etcétera. Véase imagen 1 para un mayor detalle del ciclo del combustible nuclear en dónde se identifica un continuo uso de energía y materiales en todas las etapas.

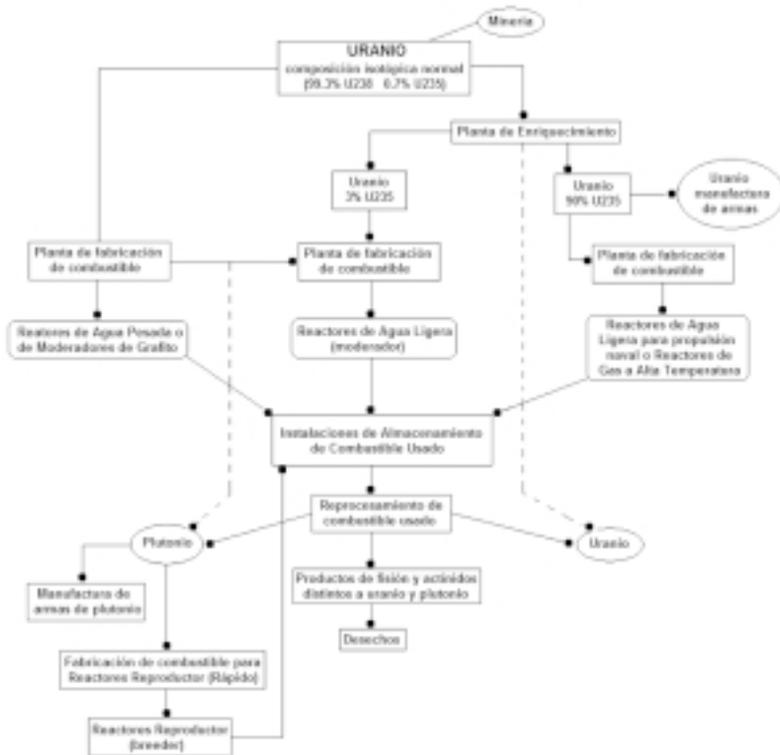
Si bien es cierto que la núcleo electricidad tiene un menor impacto en términos de emisión de gases de efecto invernadero en comparación con la generación de energía a partir de combustibles fósiles, esa relativa “ventaja” queda sepultada si se toma nota de los impactos a la salud y el medio ambiente que ocasiona la creciente acumulación de desechos radiactivos con una “vida” que ronda los cientos y hasta los millones de años (caso del isótopo neptunium-237 que se genera con el decaimiento de las varillas de combustible de uranio-235). Su almacenamiento es una cuestión que no se ha logrado resolver desde que hiciera aparición la industria nuclear civil y militar, por lo que el problema es cada vez mayor. Más si se toma nota de que el combustible nuclear de desecho es un millón de veces más radioactivo que el combustible “fresco” (Caldicott, 1978: 59).

Sólo EUA ha gastado unos 9 mil millones de dólares (mdd) en estudios sobre la factibilidad del repositorio de Yucca Mountain (Sin autor, 2007-B: 21), una infraestructura altamente controversial no sólo porque se trata de un área cercana a lo que queda de tierras en manos de indígenas en EUA (la Nación Indígena Shoshone del Oeste en Nueva Segovia), sino también por lo cuestionable de los modelos y datos empleados para estudiar la seguridad de la misma. Como indica Ravetz, millones de dólares se han gastado en simulaciones computacionales que sólo son buenas en la medida en que lo es la calidad de la información utilizada. El problema, agrega, es que resulta muy difícil hacer modelos exactos debido a lo limitado de la información sobre posibles grietas y en general de la composición del estrato rocoso subterráneo (Ravetz, sin fecha: 83).

A pesar de tales y otras incertidumbres, se presiona para su puesta en operaciones en el 2020, con un costo, los primeros cien años, de 63 millardos de dólares y una capacidad programada de 77 mil toneladas que ya es insuficiente para los desechos actuales de ese país. El material radiactivo ahí almacenado seguiría siendo letal por miles de años, por lo que su costo real es mucho mayor. Y lo más grave, todo ello para una instalación de seguridad

cuestionable que se localizaría en una zona relativamente sísmica y donde se encuentra un importante reservorio de agua subterránea (Coberly, 2006; Sin autor, 2002).

IMAGEN 1  
 Ciclo del Combustible Nuclear



Otros diseños de repositorios de desechos nucleares con problemáticas similares se proponen en Oskarshamn y Östhammar en Suecia; en Haute-Marine, Francia; en Eurajoki, Finlandia; en Karnataka, India; en Gansu (cerca de Mongolia), China; y en otras localidades de Reino Unido y Japón (Brumfiel, 2006: 987; David, 2002).

El asunto es tan complejo que al promover la industria nuclear como opción “verde” argumentando que ésta es rentable si se consideran los costos

ambientales y a la salud de los combustibles fósiles (no así los de los desechos radioactivos de la propia industria nuclear), Steve Kidd, jefe de Estrategia e Investigación de la Asociación Mundial Nuclear, incluso reconoce (pero no cuantifica) que, "...la única nube posible en el horizonte nuclear es el manejo de las varillas de combustible de desecho." (Kidd, 2004: 12). Mientras tanto, la Nuclear Energy Commission proclama entusiastamente que,

...los desechos nucleares pueden ser almacenados de modo seguro en contenedores secos (dry-storage casks) rodeados de gas inerte por un lapso de 100 años en lo que se encuentra una solución (Sin autor, 2007-B: 21).

Con tal tipo de acuerdo, es atinado señalar que la industria nuclear se niega a ver seriamente el asunto de los desechos radiactivos como una cuestión que promete un futuro incierto y peligroso para las actuales generaciones y las venideras (Caldicott, 1978: 16). Ello por no hablar de la liberación de material radiactivo de manera intencional. Me refiero a la prueba y uso de armamento nuclear y de balas con punta de uranio, así como a la investigación sobre los efectos de la radiación en el ser humano y que ha llevado, al menos en EUA, a numerosos proyectos de realización de pruebas, a saber, con presos, indigentes o niños con problemas mentales (Ibid: 16-17).

Aún así, el negocio nuclear es tal que se prefiere hacer caso omiso a todo tipo de cuestionamiento que ponga en riesgo las formidables ganancias de una ajeja pero muy poderosa camarilla industrial-militar.

## **El negocio**

Impulsado por el hecho de que más de un centenar de plantas nucleares están por llegar a su límite de certificación de operatividad de 40 años –momento en el cual muchas seguramente cerrarán o, en su caso, se modernizarán– el negocio nuclear pretende la puesta en marcha de unas cuantas decenas de nuevos reactores nucleares en países como Finlandia, China, India, Turquía, Vietnam, entre otros (véase cuadro 1). Ello, se informa, llevaría a una capacidad total nucleoelectrónica de alrededor de 520 gigawatts para el 2030, e incluso de mil gigawatts para el 2050 (Ibid; MIT, 2003: ix).

**CUADRO 1**  
**Reactores en construcción (a diciembre de 2007)**

#	País	Nombre	Año de inicio	#	País	Nombre	Año de inicio
1	Argentina	Atucha-2	1981	18	India	PHWR Kalakkam	2004
2	Bulgaria	Belene-1	1987	19		Rajasthan-5	2002
3		Belene-2	1987	20		Rajasthan-6	2003
4	China	Hongyanhe-1	2007	21	Japón	Bashohri-1	1975
5		Lingao-3	2005	22		Tomari-3	2004
6		Lingao-4	2006	23	Pakistán	Chashma-2	2005
7		Qomshan II-3	2006	24	Rusia	Balakov-5	1987
8		Qomshan II-4	2007	25		Belovarsky-4	2006
9	Corea del Sur	Shin Kori-1	2006	26		Kalinin-4	1986
10		Shin Kori-2	2007	27		Kursk-5	1985
11		Shin Wonsong-1	2007	28		Severodvinsk-1	2007
12	EUA	Watts BAR-2	1972*	29		Severodvinsk-2	2007
13	Finlandia	Olkkiluoto-3	2005	30		Volgodvinsk-2	1983
14	Francia	Flamanville-3	2007	31	Taiwán	N.D.	N.D.
15	India	Kaiga-4	2002	32		N.D.	N.D.
16		Kudankulam-1	2002	33	Ucrania	Khmelniiski-3	1986
17		Kudankulam-2	2002	34		Khmelniiski-4	1987

\* Reactivada en estado de 2007.  
 Fuente: Base de datos de la Internacional Atomic Energy Agency. En: [www.iaea.org/programmes/a2/](http://www.iaea.org/programmes/a2/).

Por lo pronto, hoy en día, existen 439 reactores nucleares en 31 países que generan unos 370 gigawatts, es decir, el 15-16% de la electricidad mundial o el 6-6.5% de la energía primaria mundial (Sin autor, 2007-C: 24; [www.iaea.org/programmes/a2/](http://www.iaea.org/programmes/a2/)).

Tal esperado avance, lleva a especular la expansión del negocio de la minería de uranio con la apertura, también para 2030, de al menos unas 20 minas en países como Rusia, India, Namibia, Nigeria y Brasil (Edwards, 2006: 9); aunque seguirán manteniéndose a la cabeza en cuanto a la cantidad de reservas recuperables de uranio, otros países como Australia, Kazakstán, Canadá, Sudáfrica y EUA, entre otros menores.

El entusiasmo es mayor, sobre todo para corporaciones líderes como General Electric-Hitachi (EUA-Japón), Westinghouse-Toshiba (EUA-Japón), y Areva (Francia-Alemania); todas desde sus orígenes íntimamente vinculadas al complejo militar industrial nuclear de sus respectivos países matriz.

El caso estadounidense es particularmente ejemplificador dada la relación entre la industria nuclear civil y el Proyecto Manhattan. Y es que, como es de conocimiento público, la complejidad del negocio se aprecia mejor si se revisa la dinámica, sinergia y contradicciones existentes entre la política

internacional en materia nuclear (de EUA y luego del “Club Nuclear”) y la borrosa frontera entre tecnología nuclear civil y militar.

Así pues, debe recordarse que en los primeros años de postguerra, la política exterior de EUA se sustentó en el principio de “la negación” en el sentido de cerrar el acceso a su tecnología nuclear, inclusive a aliados como Reino Unido o Francia. El mayor secreto era la tecnología de enriquecimiento de uranio que permitía la puesta en marcha de la versión estadounidense de reactor nuclear. Consecuentemente, Canadá, Francia y Reino Unido desarrollaron sus propios reactores a modo que pudieran usar uranio en natural.

En 1947, Reino Unido ponía en operación el primer reactor de investigación en Europa que era moderado por grafito (en Harwell) y trabajaba en dos reactores productores de plutonio enfriados por aire (en Windscale), pero no fue hasta 1956 que logró poner en línea el primer reactor generador de electricidad de escala comercial (en Queen).

Al mismo tiempo y a pesar de EUA, la entonces Unión Soviética lograba para 1949-51 desarrollar su propia tecnología y ponía en marcha, en 1954, su primer reactor para producción de electricidad en el Centro Científico Obninsk. De ese modo rompía el monopolio estadounidense y fracturaba la “política de negación” de ese país. La carrera por el negocio nuclear quedaba entonces inaugurada.

Ante tal escenario, la política de EUA dio un giro al “abrir” la tecnología estadounidense al mundo por la vía de una serie de programas altamente regulados para la venta y transferencia de tecnología nuclear. El presidente Eisenhower anunciaba en 1953 el proyecto “Átomos para la Paz” y en 1954 se aprobaba la Ley Estadounidense de Energía Atómica que buscaba comprometer a sus nuevos “socios”, objeto de la transferencia de tecnología nuclear civil, a renunciar a cualquier intento de desarrollar su versión militar. Este mecanismo permitiría mantener un relativo monopolio, tan esencial en la geopolítica estadounidense; pero después también para los miembros del “Club Nuclear”, un aspecto que más adelante se formalizaría como uno de los bastiones del Tratado de No Proliferación de 1970.

La guerra por el multimillonario negocio de la núcleo-electricidad requirió, y requiere, de fuertes dosis de subsidios a modo de tornarlo “competitivo” (tanto para la construcción de las plantas como para la producción de combustible). Y es que sus similares de última generación de gas, carbón o

ciclo combinado son mucho más baratas [5]. Sólo en EUA, el sector nuclear recibió de 1947 a 1999 unos 115 millardos de dólares en subsidios directos, y otros 145 millardos en subsidios indirectos. En comparación, en el mismo periodo, por ejemplo, los subsidios destinados al desarrollo de energía solar y eólica fueron únicamente de 5.5 millardos (Rainwater van Suntum, 2005).

El negocio demandó la consolidación de un potente lobby con toda su maquinaria propagandística que, ante los ojos de otros gobiernos y del público en general, vendiera la energía nuclear como aquella “del futuro” y, desde luego, “segura”. En cuestión de poco tiempo, el empresariado estadounidense lanzó agresivos programas de venta de su Reactor de Agua Ligera (LWR, por sus siglas en Inglés) con el que pasó de tener un 40% del mercado mundial en el periodo 1955-63 a un 85% del mismo para 1974 cuando las ventas prácticamente se congelaron.

Las empresas europeas vendían sus propios reactores, el grueso bajo licencias de EUA; mientras, la Unión Soviética hacía lo propio. La batalla por el ofrecimiento de mejores “paquetes” convirtió la garantía de venta de combustible enriquecido, e incluso la transferencia de tecnología de enriquecimiento de uranio, en “comodines” funcionales para la apropiación de contratos. De notarse es que algunos casos de transferencia de tecnología nuclear civil “de cola” han procurado, a cambio, comprometer al país receptor a convertirse en basurero nuclear. Esto se negoció precisamente entre Australia y el INVAP de Argentina. A cambio, ese último recibía del primero un reactor nuclear experimental.

## **El “renacimiento” de la energía nuclear**

Considerando que la inversión en una nucleoelectrica implica altos riesgos (es de largo plazo e involucra cifras que rondan los 3.5 a 5 millardos de dólares), el gobierno de EUA históricamente ha aprobado una serie de mandatos para estimular el negocio. El gobierno de George W. Bush no fue la excepción, por el contrario.

En mayo de 2001, unos meses antes del 11.09, el denominado “Grupo Nacional para el Desarrollo de Política Energética” (NEPD, por sus siglas en Inglés), presidido por Dick Cheney, daba conocer al presidente su propuesta de Política Nacional de Energía, la cual debía,

... estar designada a ayudar al sector privado (sic) y, en lo necesario y apropiado, a los gobiernos estatales y locales para la promoción de una producción y distribución fiable, viable y ecológica de energía para el futuro (National Energy Policy Development Group, 2001: viii).

Ante una fuerte preocupación por la creciente dependencia energética de EUA con el exterior y los cada vez más elevados índices del consumo energético nacional (calculado, en el caso del petróleo, en un 33% para los próximos 20 años y, para el gas hasta en un 50%), el Informe argumenta con un optimismo tecnológico inusitado que EUA debe impulsar las “energías limpias”, entre las cuales coloca la nuclear. Al considerarla como la energía alternativa de mayor peso y potencial, y de “cero emisiones de gases de efecto invernadero” (Ibid: xi, 1-6, 3-4), el grupo NEPD llamaba al presidente a:

...apoyar la expansión de la energía nuclear en EUA como uno de los componentes mayores de nuestra política energética nacional (Ibid: 5-17).

Para octubre de ese mismo año, la Oficina de Energía Nuclear, Ciencia y Tecnología de EUA junto con su Comité Asesor de Investigación en Energía Nuclear, lanzaba un mapa de ruta para el renacimiento de la energía nuclear (Department of Energy, 2001). Entre los asesores invitados estaba el quién es quién del negocio. Por ejemplo: George Davis de Westinghouse, Atambir Rao de General Electric, Malcom LaBar de General Atomics, Thomas Roberts de Excelon Corporation, Bobby Abrams de Duke Engineering & Services, entre otros (Ibid: ii).

Según tal plan, entre las prioridades estaba la necesidad de que el gobierno resolviera numerosas incertidumbres referentes al marco regulatorio del sector, en particular en torno a la rapidez de la certificación de diseños, de la expedición de permisos tempranos de localización, de permisos de construcción y operación y de las potenciales trabas o atrasos que podrían implicar amplias inspecciones, pruebas y análisis para el cumplimiento de criterios de aceptación (Ibid: 6-7). Asimismo, urgía garantizar la aprobación de diseños y solicitudes de operación en un marco temporal breve, y solicitaba el apoyo no sólo político, sino financiero, incluyendo incentivos económicos al licenciamiento, diseño y construcción de nucleoelectricas. El mecanismo, se indicaba: una Estrategia Nacional de Energía Nuclear (Ibid: vii).

Con tales antecedentes, el pago de millones de dólares para la certificación comercial de nueva tecnología (reactores avanzados de generación III plus y generación IV) [6] no se hizo esperar. Desde 2004, y hasta 2006, ya acumulaba unos 250 millones. Tampoco lo hizo un amplio paquete de medidas (en sí la Iniciativa Nacional propuesta) estipuladas y aprobadas en la Ley de Política Energética de 2005.

Según precisa la mencionada Ley, que de entrada costará a cada estadounidense unos 600 dólares (Sin autor, 2003-B), el gobierno otorgará un subsidio a la industria nuclear de 1.8 centavos por kw/h generado (un cuarto del precio típico promedio de la electricidad en el año de su aprobación), hasta un tope de 6 mil megawatts y por ocho años. De igual forma, dará un total de 2.9 millardos de dólares para investigación y desarrollo en donde destaca la suma de 1.1 millardos para el proyecto internacional de energía de fusión (ITER [7]); dos millardos en seguros a las primeras 6 nuevas plantas por concepto de pérdidas causadas por retrasos en permisos y/o construcción; 1.25 millardos para una planta nuclear destinada a la producción de hidrógeno; y exenciones de pagos de impuestos que podrían llegar a los 5.7 millardos de dólares (Sin autor, 2007-B; Brumfield, 2007: 741; Sin autor, sin fecha-B).

Para ser beneficiario de tales medidas, las propuestas de nucleoelectricas debían hacerse antes de enero de 2008, razón por la cual se registró una cascada de éstas: se habla de hasta 32 proyectos. Entre las empresas que por adelantado ya han solicitado permisos de localización de plantas o de permisos combinados (que desde 1992 permiten incluir en un solo paquete aquellos de construcción y operación –para el caso de reactores certificados), están Exelon (Illinois) y Constellation Energy (Maryland). Y es que, el negocio es tal que el Instituto de Energía Nuclear de EUA estima que con garantías de parte del gobierno federal (dígase un fondo de riesgo), la industria nuclear podría fácilmente tener acceso a líneas de crédito privadas por el orden de unos 50 millardos de dólares antes de 2010 (Brumfiel, 2007).

Además de EUA, es de advertirse el actual y decidido apoyo del Reino Unido para con la industria nuclear, un país que obtiene alrededor del 20% de su electricidad a partir de ese tipo de energía.

La trascendencia del asunto es considerable, más aún visto desde un contexto en el que se insiste relanzar la industria nuclear a nivel mundial. Dígase por la vía de la Alianza Global de Energía Nuclear creada el 13 de

diciembre de 2007 y en la que son socios destacados EUA, Francia, Japón, Rusia, Canadá, China y Australia [8]. Todos en el negocio de lo nuclear, sea como compradores (caso de China) o como proveedores de tecnología y/o de combustible (súmese aquí a Kazakstán, también firmante).

La ausencia del Reino Unido como socio de la Alianza (asistió como potencial candidato y observador) es lo que hace notoria la decisión de principios de enero de 2008 de ese país. Sin quedarse atrás en la “tendencia global” y negándose a quedarse fuera del negocio, el gobierno británico notificaba entonces dar un nuevo impulso al sector nucleoelectrico mediante la aprobación de una iniciativa para la renovación de sus plantas, el grueso ya de salida en un lapso de poco más de una década.

Diez nuevos reactores se contemplan para el 2020 en el marco de lo que el secretario de negocios británico, John Hutton, considera como un tipo de energía libre de carbono, “...probado y evaluado, confiable y seguro” (Kanter, 2008). Se trata de una decisión, precisa Colette Lewiner de la consultora francesa Capgemini, “...que envía una fuerte y positiva señal a la industria” (Ibid). En el potencial negocio, empresas como AEA Technology, Areva NP, EDF y la alemana E.ON, están a la cabeza de la lista de beneficiarios (Ibidem). De ahí que inmediatamente después del anuncio por parte del gobierno británico, Luc Oursel, presidente de Areva NP, declarara que “...nuestra ambición es construir al menos 4 y probablemente 6 reactores [EPR-1650 MWe] en Reino Unido” (Sin autor, 2008-D).

Francia desde luego también es un actor de gran importancia, algo que es particularmente visible en el papel del presidente Nicolas Sarkozy, quien hace de promotor del negocio nuclear francés, especialmente de Areva y EDF. Ha cabildeado a su favor con slogans tan viejos como “la energía del futuro” para la construcción de nuevos reactores en países como Libia, Marruecos, Argelia, Arabia Saudita, Yemen, Egipto, Qatar, Túnez, Turquía, China, India, entre otros (Bennhold, 2007). Más recientemente, también en países latinoamericanos como México (visita de Estado de principios de marzo de 2009).

De concretizarse, estamos hablando de decenas de millardos de euros para el empresariado francés y sus socios. Por lo pronto Argelia, Libia y Arabia Saudita ya han firmado acuerdos de cooperación para la compra de reactores y servicios asociados a empresas como Areva, Total o Suez (Reuters, 2008; Associated Press, 2008).

## Los costos “colaterales” de la nucleoelectricidad

Los costos de seguridad involucrados en la industria nucleoelectrica son considerables y crecientemente altos. La inestabilidad que genera la delgada frontera entre el uso civil y militar de la energía nuclear involucra elevados costos de protección y vigilancia permanente del material nuclear desde su extracción, pero sobre todo enriquecimiento y desecho. Los gastos no solamente son a nivel nacional para la protección de la infraestructura relacionada (incluyendo las propias plantas nucleoelectricas), sino también a nivel internacional y que incluyen el monitoreo del material a modo de evitar su proliferación (Delgado, 2008-B).

A lo anterior se suma todo un portafolio de implicaciones e impactos socioambientales de diverso calibre ocasionados por las continuas fallas de operación que caracterizan a la industria nuclear. De éstos, los más graves pueden ser ejemplificados concretamente desde el episodio Chernobyl; el más aparatoso accidente de la industria nuclear civil, más no el único. Y es que las fallas de operación son numerosas y están a la orden del día. Desde el sonado caso del derretimiento parcial del reactor 2 de la central Three Mile Island en EUA en 1979; pasando por el accidente en la planta Tomsk-7 (Rusia) en 1993, el del reactor francés Civaux que liberó 300 m3 de refrigerante radioactivo en 1998 o el de la planta Paks de Hungría en abril de 2003 cuando 30 varillas de combustible usado se rompieron en un tanque de limpieza y 3.6 toneladas de pastillas de uranio fueron liberadas sin solución hasta la fecha; hasta los numerosos casos en Japón como: los malos manejos de las plantas de Onagawa (julio de 1988) y Hamaoka (mayo de 1991) (Reuters, 2007); la fuga de sodio en Monju (1995) que llevara, en 2003, a la suspensión definitiva de la planta por orden de la Corte Suprema de Nagoya (Sin autor, 2003-C); el incidente de criticidad en Tokai-Daini (1999) en su la planta de reprocesamiento de combustible gastado; o el más reciente, con el terremoto del 16 de julio de 2007, cuando la planta de Kashiwazaki-Kariwa informaba 67 tipos de daños de los cuales 15 involucraron fugas de radioactividad (Cyranoski, 2007: 392-293; NISA/METI, 2007).

Sin embargo y a pesar de tales antecedentes, entre otros, científicos del Laboratorio Argonne de EUA que trabajaron en el desarrollo de reactores rápidos aseguran, hoy por hoy, un prometedor futuro de la energía nuclear. Al describir los avances tecnológicos de última generación, utilizados en algunas

de las arriba mencionadas plantas japonesas, promulgaban a finales de 2005 que:

...en el futuro próximo, la dura verdad es que: sólo (sic) la energía nuclear puede satisfacer las necesidades de largo plazo de la humanidad al tiempo que se preserva el medio ambiente (Hannum, 2005: 91).

El discurso “no-hay-otra-alternativa” termina por consolidarse con el conocido pero muy cuestionable argumento de que la energía nuclear es segura en tanto que se tiene una experiencia equivalente de más de 11 mil años de reactor-operación (no obstante, ni una palabra sobre los desechos radioactivos). Dicho de otro modo: la industria nuclear se asume eufemísticamente cada vez más segura con forme pasa el tiempo y sus reactores se vuelven obsoletos pues, hoy en día, tres cuartas partes de éstos en estado operativo ya lo hacían cuando el accidente de Chernobyl.

### **Recordando Chernobyl**

La dispersión de toneladas de material radiactivo a cientos de kilómetros desde la central de Chernobyl, y en cuestión de una semana incluso a Canadá, EUA y Japón, fue considerada en sus primeros 10 días por las autoridades soviéticas como “una situación bajo control” [9]. Con todo, el accidente no fue ni siquiera informado al pueblo vecino de Pripriat sino hasta 48 horas después cuando estaba bañado de radiación (Caldicott, 1978: 126).

Lejos de estar controlada, la situación era y sigue siendo un desastre. El 40% del suelo europeo, o 3,900,000 km<sup>2</sup>, fue contaminado con cesio-137 en más de 4 mil becquerels (Bq) por m<sup>2</sup> –cifra reconocida pero no publicada en los informes oficiales. Y, el 2.3% o 218 mil km<sup>2</sup>, con niveles mayores a 40 mil Bq/m<sup>2</sup> (Fairlie y Summer, 2006: 8) [10]. Véase Imagen 5. Los primeros tres días posteriores al accidente, la radiación promedio recibida por la población de Kiev fue de 2.4 rads o dos mil veces los estándares permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Caldicott, 1978: 133) y, en total, la radioactividad desprendida -según la OMS- fue 200 veces la producida por las bombas lanzadas en Hiroshima y Nagasaki juntas (Fairlie y Summer, 2006: 7) [11].

Esto es, según cálculos de Bennett, una dosis efectiva estimada colectiva, o lo que se conoce como sieverts persona (un sievert es un joule/kg), de unas 600 mil unidades. De esa cantidad, 36% corresponde a la población de Belarús, Ucrania y Rusia, 53% a la población europea y el 11% restante al resto del mundo (Bennett, 1995) [12].

Como resultado, al día de hoy se confirma que los lugares más “calientes” se mantendrán altamente radioactivos por siglos. Esto es, por lo menos el caso del cinturón de 30 kilómetros aledaños a la central en el que todavía hay asentamientos humanos y donde, por cierto, no se sabe exactamente el estado de las 20 toneladas de combustible que quedaron en los restos del reactor 4. No obstante, se cree que en el resto de las zonas el nivel de radioactividad comenzará a disminuir una vez cumplidos los 30 años del accidente, momento en el que el isótopo cesio-137 llegará a su punto de vida media y comenzará a decaer; aunque ciertamente seguirá la presencia (menor) de otros isótopos de larga vida como el plutonio, el neptunio y el curio (Peplow, 2006: 983; Fairlie y Summer, 2006: 8). La cuestión sobre los impactos e implicaciones a la salud es compleja puesto que los efectos de la radiación son acumulativos y no necesariamente se expresan de modo inmediato. De ahí que se tienda a minimizar el ‘fenómeno Chernobyl’ al sostener que los efectos de mediano y largo plazo no necesariamente están vinculados a éste. Por tanto, la cuestión sobre cuándo decaerán los isótopos, aunque importante, no implica que en dicho momento la problemática se puede dar por terminada.

Considerando que la radiación altera la carga eléctrica de los átomos y moléculas que conforman las células de nuestro cuerpo, consecuentemente se sabe que dosis bajas de radiación producen anomalías en el sistema inmunológico pero también leucemia en un lapso de 5 a diez años después de la exposición; cáncer en el rango de 12 a 60 años; y enfermedades o mutaciones genéticas y anomalías congénitas en generaciones futuras (Caldicott, 1978: 36-8). Lo anterior resalta más, si se toma nota de que, mientras los mineros de uranio reciben dosis anuales 30 a 100 veces más altas que los límites permitidos al público en general (Ibid: 62), los habitantes cercanos a Chernobyl lo hacen en una proporción mucho mayor.

A pesar de que es ampliamente reconocido en la medicina que ningún nivel de exposición a la radiación es seguro, la industria y su lobby sostienen que hay un “umbral” de exposición que sí lo es. Un conveniente argumento que sugiere más bien aprovecharse del hecho de que, en efecto, hay un umbral en el que los eventuales efectos de la radiación tienden a colocarse en el futuro

lejano; factor que permite disociar la causa del efecto. Es por esto que para Caldicott (1978: 48), “los costos humanos de la era nuclear a penas los estamos viviendo”.

El costo oficial de Chernobyl, en términos de vida y salud humana, asciende a 62 muertes directas y unas 4 mil muertes indirectas por altas dosis de radiación. Esto es, sobre todo, bomberos, rescatistas y una fracción de “liquidadores” que fueron lanzados al calor del reactor puesto que se calcula un total de 650 mil “liquidadores” (240 mil sólo de 1986 a 1987, cuando la radiación era más intensa). Lo anterior sólo cuenta parcialmente los 10 mil liquidadores que se sabe han muerto en el transcurso de los 20 años siguientes. Además, no contempla ni los potenciales efectos de mediano-largo plazo en los “liquidadores” que siguen vivos, ni los generados por “dosis bajas” en los 7 millones de personas que se reconocen como receptoras (Reville, 2006).

Los casos de cáncer, las mutaciones de ADN y las malformaciones genéticas son de lo más repetido en los diversos informes existentes, no obstante, la responsabilidad es continuamente minimizada por parte de las autoridades quienes desde el accidente manejan mucha de la información como un asunto confidencial (Alexievich, 2006). Incluso, el Grupo de Expertos en Salud del “Foro Chernobyl” ha mermado los impactos al, por ejemplo, no tomar en cuenta las observaciones anecdóticas de la población local. Su estimación es que sólo unas 200 mil personas siguen severamente afectadas por el incidente (Reville, 2006: 112).

Con todo y la dificultad de obtener información, se precisa que los datos oficiales sobre los riesgos de muerte por cáncer inducidos por exposición a radiación están infravalorados en un factor de seis (Wakeford, 2005: 226-7). Asimismo, se sostienen que a veinte años del accidente de Chernobyl, especialmente el cáncer de tiroides se ha disparado en los territorios más “calientes”, esto con marcado acento en niños y jóvenes que son los que más consumen leche, entre otros alimentos altamente contaminados (Cardis, 2006: 127-140). Hasta 4 mil casos de tal naturaleza se registran en Belarús, Ucrania y Rusia en personas menores de 18 años al momento del accidente (Fairlie y Summer, 2006: 10).

El fenómeno se espera que continúe de modo exponencial en los próximos años, sobre todo conforme se presenten más casos de cáncer entre los liquidadores (especialmente de leucemia), pero no sólo puesto que hay

aseveraciones médicas de que la exposición continua a la radiación durante el embarazo, incluso en zonas lejanas a Chernobyl pero con un nivel radioactivo considerable, induce leucemia en los recién nacidos en el lapso de 2 a 5 años (Cardis, 2006: 135). De modo similar sucede con el cáncer de mama, de riñón, de hígado o de huesos. Y si bien los cálculos oficiales indican un total de muertes por cáncer inducido por radiación, de 4 mil (según la IAEA) a 9 mil (según la OMS), informes alternativos sugieren que la cifra, sólo para el caso de cáncer de tiroides en Belarús, ronda en cambio entre los 30 y 60 mil decesos (Fairlie y Summer, 2006: 6, 10). Nótese que se trata de un país en el que 1 de cada 5 personas viven en tierras altamente contaminadas, es decir 2.1 millones de personas de las cuales 700 mil son niños.

Si en añadidura a lo arriba precisado, se toma nota de que un reactor de mil megawatts contiene 15 millardos de curies de radiación o lo equivalente, en isótopos de larga vida, a una explosión de mil bombas como la lanzada en Hiroshima (Caldicott, 1978: 144) [13], resulta más que claro el elevado rango de riesgo con el que opera el negocio nuclear. Pero más aún, sin accidente alguno, esa industria afecta dramáticamente el orbe pues según cálculos del Committee for Nuclear Responsibility (EUA), ese mismo reactor (de mil MGw) genera unos cuatro millones de curies de cesio al año. Si esa cifra se multiplica por los más de 400 reactores hoy en operación y se asume una eficiencia de contención del 99.99%, esa “mínima” pérdida de cesio equivaldría a 16 accidentes tipo Chernobyl cada 25 años (en Ibid: 135).

Llama pues la atención que cuatro meses después del accidente de Chernobyl, Morris Rosen de la división de seguridad nuclear de la IAEA (ente abogado a la elaboración de estándares y medidas de seguridad de y para la industria nuclear), precisara sin cortapisas que: “...aún si hubiera un accidente tipo Chernobyl cada año, yo seguiría considerando la energía nuclear como un tipo interesante de producción energética” (Fairlie y Summer, 2006: 5). De igual modo lo es que el informe de la IAEA de 2005 sostenga que en realidad, “...el mayor problema que actualmente afecta a los residentes de la región de Chernobyl es un exceso (sic) de pesimismo” (Alexievich, 2006: xiii) [14].

### **La nucleoelectricidad en América Latina: El caso de México**

Tres han sido los países latinoamericanos que desarrollaron la nucleoelectricidad. Argentina fue pionero cuando en 1964 comienza la

construcción de Atucha I (335 Mw) a 100 km de Buenos Aires. Su puesta en operación fue hasta 1974 cuando ya se lanzaba el proyecto de la planta de Embalse Río Tercero (600 Mw) en la provincia de Córdoba, la cual entraría en funciones en 1983. Atucha II (692 Mw) comenzaría su construcción en 1981. A la fecha sigue sin terminar y su costo total se estima en el orden de los mil millones de dólares (Fernández y Pardo, 2005).

México siguió los pasos de Argentina. La construcción de la planta Laguna Verde comenzó en 1969 y tres décadas después entró en operaciones cuando la tecnología adquirida ya era vieja. Brasil, en la sexta posición mundial de reservas probadas de uranio (cuenta con unas 350 mil toneladas), se convirtió en 1974 en el tercer país en adoptar la nucleoelectricidad al consolidar el proyecto de la planta Agra I (626 Mw) ubicada en las cercanías de Río de Janeiro, misma que entró en funciones una década después. En 1976 se comenzó a construir Agra II (1,350 Mw) la cual entró en línea 24 años después gracias al capital inyectado por Eletrobra y bancos alemanes. En el mismo momento también se aprobó Agra III (1,300 Mw) pero no sería terminada a pesar de los 750 millones de dólares invertidos al año de 1984. No fue hasta principios del siglo XXI cuando se reactivó el proyecto con una fecha de término fijada en 2013 y un costo adicional de 1,835 millones de dólares.

Veamos a continuación los pormenores del caso mexicano pues es un nítido ejemplo de lo que puede calificarse como “el negocio nuclear por excelencia” en la región. Y es que independientemente de las críticas obligadas a la nucleoelectricidad, es por demás notoria la subordinación profunda de dicho sector a la dinámica e intereses de capitales extranjeros. Asimismo se devela, en el mejor de los casos, una fuerte apatía en el desarrollo de cuadros endógenos de científicos y tecnólogos (algo que no sucede, al menos con esa misma tonalidad, en Argentina y Brasil).

### **El caso mexicano**

La propuesta de estimular la industria nuclear en el país se dio en el marco de la crisis petrolera de fines de los setentas cuando la ONU ponía en marcha un Plan Mundial de Energía que suponía, “...la transición adecuada, progresiva e integral entre la era del petróleo y lo que se habría de basar en nuevas fuentes de energía” [15].

A pesar de que el país contaba con cuantiosas reservas de petróleo probadas, la opción nuclear fue abrazada por el gobierno mexicano y sin reparo a los altísimos costos que implicaba la puesta en operación de una planta nucleoelectrónica que, además, incluso en ese momento ya era de tecnología de desecho.

La iniciativa mexicana, llevó a la conformación de Uranio Mexicano (Uramex); un ente encargado de,

...operar las primeras plantas industriales procesadoras de uranio minado en nuestro territorio; al abastecimiento oportuno y suficiente de la primera planta nucleoelectrónica de México; y al entrenamiento de la primera generación de técnicos y científicos nacionales [16].

Para 1980, lanzado el Programa de Desarrollo de la Industria Uranífera (1980-1982), Uramex señalaba convenientemente,

...la necesidad de prospectar el territorio nacional de interés geológico, de cuantificar y clasificar las reservas de minerales radioactivos, de operar la primera planta industrial procesadora del uranio minado en nuestro territorio, [y de] abastecer oportuna y suficientemente los requerimientos de la primera planta nucleoelectrónica del país [17].

El hecho de que fuera una empresa estatal la encargada de tales actividades radica en que la Secretaría de Economía ya desde 1945 había incluido al uranio, el torio y demás sustancias radioactivas a las reservas mineras nacionales y, en 1946, definía la exclusividad de explotación por el Estado. Tales medidas fueron ratificadas en la Ley de enero de 1950 y dio origen a la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de 1955 [18]. Más adelante, para 1979, la Comisión que para entonces se denominaba Instituto Nacional de Energía Nuclear, era reemplazada por a) el Instituto Nacional de Investigación Nuclear, 2) Uranio Mexicano y 3) una comisión encargada de cuestiones sobre seguridad que nunca fue operativa dado que, con la aplicación de las políticas neoliberales, toda la estructura fue modificada.

Con la Ley Nuclear de 1984, el Instituto internacionalizaba su investigación en el sentido de limitarse a comprar tecnología de cola por la vía de acuerdos de transferencia tecnológica. Al mismo tiempo, mientras que con

la Ley se transfería el cien por ciento de la responsabilidad de seguridad al Ejecutivo, todo intento de hacer Uramex “el” ente nacional proveedor de combustible nuclear se vino abajo con su cierre en 1983/4. Las funciones para proveer combustible se transfirieron hacia la Secretaría de Energía (Sener) que, bajo los lineamientos de la nueva Ley, liberó el mercado y abrió las puertas a empresas extranjeras para que cubrieran las futuras necesidades nacionales de la todavía en construcción planta nucleoelectrica Laguna Verde a cargo de la ingenieril Electric Bond and Share Company y la firma General Electric (el primer reactor entró en operaciones comerciales en 1990 y el segundo en 1995; el negocio de los sistemas nucleares [BWR/5] fue a favor de General Electric y el de los turbogeneradores de Mitsubishi).

Llama la atención, aunque no extraña, que las medidas anteriores fueran tomadas después de cuantiosas prospecciones mineras que llevaron a estimar en 1970, unas reservas de 3,157 toneladas de óxido de uranio en 34 localidades de los estados de Sonora, Durango, Chihuahua, Nuevo León y San Luis Potosí. Para 1980, éstas se estimaban en 8,332.8 toneladas, siendo los yacimientos de Buenavista-La Coma-El Chapote (Nuevo León) y Margaritas-Nopal-Puerto (Chihuahua) los más importantes por la cantidad de reservas [19]. Lo que es más, según datos publicados en 2006 –actualizados hasta 1996– sostienen que las reservas de México ascienden en realidad a 14,600 toneladas, de las cuales 10,600 son económicamente explotables en los estados de Sonora, Durango, Chihuahua, Coahuila y Oaxaca –tramo de Cuicatlán a Miahuatlán (véase Imagen 8). Si bien las reservas mexicanas, a saber, no son cuantiosas, éstas al parecer son suficientes para los dos reactores ya instalados en Laguna Verde para toda su vida (unos 20 años) más un 30% adicional [20].

Con lo anterior, lejos de querer insinuar la explotación de los yacimientos mexicanos para satisfacer las “necesidades” nacionales, pues implicaría el sostenido avance de la industria nucleoelectrica en el país, lo que se pretende subrayar es el carácter mediocre de la oligarquía mexicana desde entonces a la fecha. Y es que contrario al estímulo de un negocio endógeno, aunque ciertamente riesgoso y ambientalmente devastador, las elites nacionales que sí impulsaban la nucleoelectricidad sin consideración ambiental alguna, optaron por transferirlo a favor de extranjeros.

Actualmente el uranio se compra como hexafluoruro o concentrado (este último procesado como hexafluoruro por Comurhex de Francia). El enriquecimiento lo hace el Departamento de la Energía de EUA y la fabricación

de las varillas de combustible General Electric (EUA). El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (de México) se restringe a una planta piloto de fabricación de combustible con tecnología comprada y licenciada por General Electric [21].

Ahora bien, según el Plan de Expansión del Sector Eléctrico al Año 2000 de Uramex (diseñado desde 1980), la perspectiva de la energía nuclear en el país debía incrementarse a partir de 1990 de una instalación de mil MW(e) a 21 mil ME (e) para el 2000. Ello no contemplaba Laguna Verde, entonces en proceso de construcción. Las expectativas eran tan altas que se hablaba para ello de por lo menos una decena de nuevas centrales. Con el accidente de Three Mile Island y el desastre de Chernobyl (véase más adelante), el entusiasmo mundial, y ciertamente el mexicano, se vino abajo.

No obstante y en sintonía con la dinámica pro-nuclear de principios del siglo XXI, se decidió re-potenciar y modernizar Laguna Verde (que se informa, opera desde hace tiempo con deficiencias graves del estilo Chernobyl antes del accidente [22]). La acción se acompaña de un aumento en las apuestas de por lo menos una nueva planta nuclear para 2015-2020. Así se ha hecho saber, no solo en boca de Fernando Canales Clariond, ex-Secretario de Energía, quien en 2006 anunció la conveniencia de una nueva planta nuclear de 1,500 Mw (Sin autor, 2006), sino también desde el “Comité de Apoyo para la toma de Decisiones en Materia Nuclear”, creado el 18 de julio de 2006, y cuyo acuerdo oficial que lo constituye señala:

...se crea el Comité...a fin de que la Secretaría de Energía desarrolle un programa de expansión de la capacidad nucleoelectrónica en México [23].

Cabe denotar que, tal y como se asume por el gobierno mexicano, “...las actividades de la industria nuclear se llevarán a cabo en los términos de los lineamientos y programas que apruebe el Ejecutivo Federal (sic) por conducto de la Secretaría de Energía” [24]. De ahí que su directivo, José Acevedo Monroy, también subsecretario de Electricidad de la Sener, señale que la labor es poco complicada dado que los ajustes necesarios, “...no requieren reformas legales profundas del Congreso, sino sólo actualizaciones reglamentarias que dependen del Presidente de la República” [25]. Y agrega que, es el Ejecutivo, “...en quien recaerá la responsabilidad de crear un plan transexenal de apoyo al desarrollo nuclear en México” [26].

Es de subrayarse que en el esquema de estímulo a la energía nuclear del país, sincronizado con el discurso pro-nuclear “sustentable” ya arriba descrito, el rol del poder Legislativo está ausente, al menos en términos puntuales y tal y como es presentado al público. Ello es altamente conveniente para la fluidez de los negocios, sin embargo es totalmente erróneo. Como sucedió en el caso del agua [27], se trata de un discurso que pretende hacer creer, tanto al público como a “legisladores” ingenuos, que el Ejecutivo puede hacer acuerdos tipo fast track sin ningún tipo de autorización y regulación expresa de parte del Legislativo y, consecuentemente, del pueblo que en principio ése representa.

### **Breve revisión de otras iniciativas nucleares en la América Latina de hoy**

A principios del siglo XXI se identifica un abanico de intenciones gubernamentales para reactivar viejas iniciativas de expansión de la nucleoelectricidad en la región pero, también de nuevas propuestas como lo es el acuerdo celebrado entre la presidenta argentina, Cristina Fernández, y el presidente brasileño, Luiz Inacio Lula da Silva, para desarrollar un modelo de reactor nuclear útil para cubrir las necesidades energéticas de ambos países (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/7260194.stm>).

El acuerdo se enmarca en el contexto de un acercamiento por parte de Brasil con Rusia para la transferencia de tecnología, desde aquella para la exploración y minería profunda de reservas de uranio, pasando por la relacionada al mejoramiento de la actual capacidad brasileña en enriquecimiento de uranio, hasta la de superconductores y plantas nucleares de última generación. El plan de ruta nucleoelectrónico de Brasil incluye la entrada en operaciones de Agra III para el 2013 y por lo menos cuatro plantas de mil Mw a partir del 2015 ([www.power-technology.com/projects/angranuclear/](http://www.power-technology.com/projects/angranuclear/)).

Se suma el interés de Venezuela que, al igual que Brasil, se ha acercado decididamente a Rusia para impulsar su plan de desarrollo de energía nuclear. Para ello firmó, en noviembre de 2008, un acuerdo que precisa la intención de:

...promover el desarrollo de la cooperación en materia de energía nuclear, suscitando la adopción de proyectos bilaterales de distintas aplicaciones de la energía nuclear, en particular aquellas que satisfagan las necesidades internas energéticas y contribuyan

a la diversificación de las fuentes de energía ([www.minci.gob.ve/noticias\\_-\\_prensa/28/186493/venezuela\\_y\\_rusia.html](http://www.minci.gob.ve/noticias_-_prensa/28/186493/venezuela_y_rusia.html); Consultado el 30 de marzo de 2009).

Siguiendo la misma tendencia, Chile conformó en julio de 2007 una comisión para estudiar la viabilidad de la nucleoelectricidad en ese país. La “Comisión Zanelli” concluyó que no descarta tal opción y, por el contrario, llama a desarrollar estudios de sismicidad y de eventuales locaciones para el emplazamiento de plantas nucleares (véase: [www.cchen.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=691&Itemid=2](http://www.cchen.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=691&Itemid=2); consultado el 30 de marzo de 2009).

Por su lado, y en completa sintonía, la Organización Internacional de la Energía Atómica ha informado su interés en apoyar eventuales proyectos de minería de uranio en América Latina, así como de construcción de plantas nucleoelectricas. Para ello, el titular de dicho organismo, Mohamed El Baradei, visitó a principios de 2009 países como Venezuela, Ecuador, Bolivia e incluso Cuba. En este contexto es de precisarse que según información de ese propio organismo, América Latina cuenta, geológicamente hablando, con un potencial bueno para encontrar uranio en casi dos terceras partes de sus 23.4 millones de km<sup>2</sup> (Polliart y Barreto, 1976).

Nótese entonces que, de concretizarse esta coyuntura pro-nuclear en América Latina, es de esperarse que las implicaciones sean evidentemente complejas y potencialmente riesgosas, tanto en términos económicos y políticos, como humanos y ambientales.

## Reflexión Final

La *ecología política de la nucleoelectricidad* es un asunto que afecta a tod@s y no sólo a los países o zonas donde hay o se están construyendo nuevas plantas nucleoelectricas. Como demuestra el caso Chernobyl, un accidente nuclear puede y generalmente involucra la población y el entorno natural de países vecinos. Y, lo que es más, en un contexto en el que el movimiento de mercancías es tan amplio y rápido, el problema de su potencial contaminación se torna un asunto de seguridad internacional. El “Chernobyl mexicano” ejemplifica nítidamente esta indicación. Generado, a decir de Saxe-Fernández (2005), en un marco de corrupción, irresponsabilidad, codicia e

impunidad, el suceso alude a la compra por parte del gobierno mexicano (Conasupo) de entre 17 y 43 mil toneladas métricas de leche en polvo de la República de Irlanda contaminada con cesio-137 y estroncio-90. Aunque con previo aviso de la OMS, la compra y distribución se concretizaron con la autorización de la Secretaría de Salud de México, bajo la responsabilidad de los doctores Guillermo Soberón, secretario, y Jaime Martuscelli, subsecretario (Zamora, 1997). El caso, aunque público, sigue impune.

En resumen, es claro que por todo lo aquí indicado y en palabras de Caldicott, "...ya no podemos seguir confiando más nuestras vidas, y las vidas y salud de las futuras generaciones, a políticos, burócratas, 'expertos' o especialistas científicos, porque muy frecuentemente su objetividad [si es que la hay] está comprometida (Caldicott, 1978: 29). El llamado de lucha contra la situación atómica en cuanto tal es hoy, más que antes, pertinente, urgente y necesario puesto que un renacimiento de la industria nuclear, incluyendo su versión de fusión, no puede ser visto, sobre todo desde una perspectiva de largo plazo, más que como irresponsabilidad mayor.

## Notas

[1] La obtención de petróleo a partir de estas fuentes es extremadamente costoso, tanto en términos económicos y ecológicos. Por ejemplo, hoy en día la producción de petróleo a partir de arenas bituminosas obliga un precio mayor a los 60 dólares por barril para hacerlo viable sin considerar ningún costo ecológico. Y es que el proceso requiere la extracción de dos toneladas de arenas bituminosas para poder obtener un barril de petróleo. El proceso además requiere de 2 de cada 3 barriles obtenidos de estas arenas para cubrir los requerimientos energéticos, miles de litros de agua que luego resultan en 2 y medio barriles de desechos disueltos por cada barril producido. Véase: Heinberg, 2003: 127-8.

[2] Conocida como la "campana de Hubbert", fue calculada por el ingeniero Marion King Hubbert para el caso de EUA, quien estimó que el punto cumbre (peak) se alcanzaría entre 1966 y 1972. El año pico de EUA fue en 1970 aunque fue visible hasta 1971. Hubbert también estimó que el pico mundial se alcanzaría entre 1990 y 2000, sin embargo muchos de los datos de pozos petroleros que empleó no eran del todo precisos, además de que, desde entonces, la tecnología de extracción posibilitó ampliar ligeramente las reservas probadas de crudo.

[3] Las estimaciones varían. Para la Global Footprint Network, la humanidad pasó de usar, en términos netos, la mitad de la biocapacidad del planeta en 1961 a 1.25 veces en 2003 (Global Footprint Network, 2004). Según Redefining Progress la biocapacidad del planeta había sido rebasada, para el año 2005, en un 39 por ciento (Venetoulis y Talberth, 2005).

[4] Sólo las instalaciones de Oak Ridge en EUA requieren de energía eléctrica que proveen dos reactores de mil megawatts cada uno (Caldicott, 1978: 56).

[5] Cálculos de un estudio pro-nuclear del MIT sugieren que el KWh generado con energía nuclear ronda los 6.7 centavos de dólar, al tiempo que el KWh de gas está entre 3.8 y 5.6 centavos. Mientras la construcción de una planta a gas de mil megawatts ronda los 400 mdd, una nuclear de la misma capacidad esta en los 2 millardos de dólares. Se sugiere entonces, mañosamente, que al considerar nuevos subsidios y al contabilizar la cantidad de CO2 que la nuclear “ahorra”, este tipo de energía se vuelve competitiva. Sin embargo, no se contempla restar los verdaderos impactos socioecológicos de largo plazo causados por la radiación. Sólo se contabiliza un porcentaje para “decomisionado” pero no se anotan por ejemplo los impactos y el costo del manejo de los desechos en el largo plazo. Y es que ese último punto es algo que los gobiernos han asumido como su responsabilidad por lo que el sector privado no lo considera dentro de su contabilidad. Véase: MIT, 2003: 7. También: Giles, 2006: 984. Aún más, otros estudios como el de la New Economics Foundation de Inglaterra, sostienen que en una contabilidad realista, sólo en términos de costos de construcción y operación colocaría el precio del kWh en 8.3 centavos de libra en lugar de los 3 centavos a los que alude la industria nuclear (la paridad dólar-libra en ese momento, en 2006, era de 1-1.5). Consúltese: Brooks, 2006: 36.

[6] Existen dos tipos de reactores nucleares, los denominados térmicos que requieren de un material moderador de la reacción en cadena (el grueso de reactores puestos en línea); y los reactores rápidos que hacen uso de neutrones rápidos, consumen más el combustible, mismo que debe ser enriquecido, y en general usan aire, gases u otros materiales similares para controlar la reacción. Se habla de cuatro generaciones de reactores en ambas modalidades. La Generación I corresponde a los primeros reactores de la década de 1950/1960 como el Magnox, el Fermi I o el Shippingport. La Generación II (de 1970 a 1990) incluye versiones avanzadas del Reactor de Agua Presurizada (PWRs, por sus siglas en Inglés) de General Electric; el Reactor Vodo-Vodyanoi Energetichesky (VVER) de Rusia; el Reactor de Agua Pesada Presurizada (CANDU) de Atomic Energy of Canada Limited y General Electric; el Reactor de Agua Hirviente (BWRs) de General Electric; y el sucesor del Reactor Magnox, es decir, el Reactor Avanzado de Enfriamiento a Gas (AGR) del Reino Unido. La Generación III (de mediados de 1990 hasta 2030 cuando se espera entre en operación la Generación IV) se refiere a reactores como: el Reactor Avanzado de Agua Hirviente (ABWR) de 1996 y su versión mejorada (ESBWR), ambos de General Electric; el AP600 de Westinghouse (1998) y el subsecuente AP1000 de 2007; el Reactor Sistema 80+, ahora de Westinghouse; el Reactor Avanzado CANDU (ACR) calendarizado para 2016, o el Reactor de Potencia Evolutiva (EPR) que es mejora del PWR de Areva-EDF y que se espera entre en operaciones en Finlandia para 2008/9. En la Generación IV, todavía en fase de investigación, entre los térmicos se están: Reactor de Muy Alta Temperatura (VHTR) de combustible de pelotas o pebbles; el Reactor de Enfriamiento a base de Agua Supercrítica, o agua arriba de su punto crítico termodinámico (SCWR); y el Reactor de Sal Fundida (MSR). De los reactores rápidos se puede mencionar el Reactor Rápido de Enfriamiento por Gas (GFR); el Reactor Rápido de Enfriamiento por Sodio (SFR), y el Reactor Rápido de Enfriamiento por Plomo (LFR).

- [7] Proyecto internacional del reactor experimental termonuclear (ITER). Consúltese: [www.iter.org](http://www.iter.org)
- [8] Véase página del Departamento de Energía de EUA sobre la Alianza en: [www.gnep.energy.gov](http://www.gnep.energy.gov)
- [9] Alexievich, 2006, Op cit: xi.
- [10] Un Becquerel es la unidad de medida de radioactividad equivalente a una desintegración por segundo.
- [11] Es de señalarse que se dispersó el 30% de las 190 toneladas de combustible del reactor alrededor de la planta y entre el 1 y 2% hacia la atmósfera (Ibidem). Ello incluye media tonelada de plutonio la cual teóricamente es suficiente para matar a toda la población del planeta con cáncer de pulmón unas 1,100 veces (Caldicott, 1978: 133).
- [12] Es de notarse que esos datos no figuren en el informe del Forum Chernobyl 2005 a pesar de que Bennett, tal y como lo indican Fairlie y Summer (2006: 12), presidiera tal foro de 2005. En contraste, los números publicados por el Forum 2005 indican tan sólo 55 mil sievert persona (Ibidem).
- [13] Un curie es la cantidad de radiación equivalente a la desintegración de 37 millardos de átomos por segundo.
- [14] La OMS y la AIEA tienen un acuerdo de 1959 que supedita las acciones de la primera en materia nuclear a los “ajustes” precisados por la segunda.
- [15] Uranio Mexicano. Presencia de Uramex en el desarrollo de México. México, 1980: 37.
- [16] Ibid: 22.
- [17] Ibid: 26-7.
- [18] Ibid: 212. Para la Ley, con su más reciente reforma de enero de 1972, léase: “Ley que declara reservas mineras nacionales los yacimientos de uranio, torio y las demás substancias de las cuales se obtengan isótopos hendibles que puedan producir energía nuclear.” Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México, 12 de enero de 1972. En: [www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/197.pdf](http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/197.pdf)
- [19] Ibid: 216, 232-3.
- [20] Domínguez, Isabel, Hernández B, Nora A., Arango S., Gloria y Medina G, Jacobo. “Yacimientos de Uranio en México”. Boletín de Mineralogía. No. 17. México, 2006: 45.
- [21] International Atomic Energy Agency. Country Nuclear Power Profiles. EUA, 2002: 580. Disponible en: [www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP\\_Webpage/PDF/2002/Documents/Documents/Mexico%202002.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP_Webpage/PDF/2002/Documents/Documents/Mexico%202002.pdf)
- [22] Según Bernardo Salas Mar, físico de la UNAM y extrabajador de Laguna Verde, la planta opera en lo que se denomina como “fallo institucional”; es decir, en un estado en el

que el sistema que soporta el funcionamiento de la planta está en riesgo. Se trata de fallas que, como indica Salas, fueron las que precisamente llevaron a accidentes como los de Three Miles Island en EUA, el de Windscale en Reino Unido, o el de Chernobyl en la ex Unión Soviética (En: Martínez Cantero, Eduardo. “CFE oculta deficiencias graves en Laguna Verde, revela científico de la UNAM”. La Jornada. México, 22 de octubre de 2006).

[23] Secretaría de Energía. “Acuerdo por el que se constituye el Comité de Apoyo para la toma de decisiones en materia de energía nuclear.” Diario Oficial de la Federación. México, 18 de julio de 2006: 76.

[24] Ibid.

[25] Campa Zuñiga, Roberto. “El renacimiento nuclear, en marcha”. Energía Hoy. México, octubre de 2006: 53.

[26] Sin autor, “La apuesta nuclear ¿se tornará en serio?” Energía Hoy. México, octubre de 2006: 36.

[27] Véase: Delgado, 2005. Op cit: 75-93.

## **REFERENCIAS**

- AFP (2006). “Alcanza la Tierra su temperatura más alta en 12 mil años: NASA.” La Jornada. México, 26 de Septiembre.
- Alexievich, S. (2006). Chernobyl. The Oral History of Nuclear Disaster. Nueva York: Picador.
- Associated Press (2008). “Sarkozy plans nuclear accord with UAE”. International Herald Tribune. Paris, 13 de enero
- (2007). “Ukraine signs a deal for new shield at side of Chernobyl accident”. International Herald Tribune. 17 de septiembre.
- Bank Information Center et al. (2006). How the World Bank’s Energy Framework Sells the Climate and Poor People Short. EUA, septiembre.
- Bello, W. (2007). “Bali: el día después”. ALAI-AMLATINA. 17 de diciembre.
- Bennett, B. (1995). “Exposures from Worldwide Releases of Radionuclides.” International Atomic Energy Agency Symposium on the Environmental Impact of Radioactive Releases. Vienna, mayo. IAEA-SM-339/185.
- Bennhold, K. (2007). “Sarkozy wants everyone to have nuclear power – French nuclear power”. International Herald Tribune. Paris, 15 de noviembre.
- Brooks, M. (2006). “Is it all over for nuclear power?” New Scientist. EUA, 22 de abril.
- Brumfield, G. (2007). “Powerful incentives”. Nature. Vol. 448. No. 16. EUA, agosto.
- (2006). “Forward Planning”. Nature. 440. No. 7087. EUA, 20 de abril.
- Caldicott, H. (1978). Nuclear Madness. Nueva York: Norton.
- Cambell, C. (1997). The Coming Oil Crisis. EUA: Multi-Science and Petroconsultants.
- Cardis, E. et al. (2006) “Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on”. Journal of Radiological Protection. No. 26. EUA.

- Chipman, A. (2006). "Nuclear's core business". *Nature*. Vol. 444. No. 23. EUA, noviembre.
- Chossudovsky, M. (2005). *America's "War on Terrorism"*. Canadá: Global Research.
- Coberly, J. (2006). "UC Complicity with US Cultural Genocide of Indigenous Americans". En: *Assessment of the impacts of the University of California's nuclear laboratories. Project of Sustainable Planet in the Nuclear Age*. UC Nuclear Free. EUA, 6 de junio.
- Cyranoski, D. (2007). "Quake shuts world's largest nuclear plant". *Nature*. Vol. 448. EUA, 26 de Julio.
- David, L. (2002). "Moon Seen As Nuclear Waste Repository". *Space.com*. EUA, 22 de agosto.
- Deffeyes, K. S. (2001). *Hubbert's Peak: The Impeding World Oil Shortage*. EUA: Princeton University Press.
- Delgado, G. C. (2006). *Agua, Usos y Abusos: La hidroelectricidad en Mesoamérica*. México: Ceiiich, UNAM.
- (2008-A). "Tecnología Agroindustrial: el negocio de los OGM y los agrocombustibles. *El Cotidiano*. Año. 23. No. 147. México, enero-febrero.
- (2008-B). "Proliferación Nuclear y Estado de Excepción". *International Journal of Human Sciences*. Vol. V. No. 1. Turquía.
- Delgado, G. C. y Saxe-Fernández, J. (2007). "Engaños Contables de los Monopolios de la Energía: costos, impactos y paradigmas del sector." *DELOS. Revista Electrónica de Desarrollo Local Sostenible*. Vol. 1. No. 0. EumedNet. Universidad de Málaga, España, octubre.
- Department of Energy (2004). "Strategic Significance of America's Shale Oil Resource". *Assessment of Strategic Issues*. Vol. 1. Office of Deputy Assistant Secretary for Petroleum Reserves. Office of Naval Petroleum and Oil Shale Reserves. EUA, marzo.
- (2001). *A roadmap to Deploy New Nuclear Power Plants in the United States by 2010*. Vol. I. EUA, 31 de octubre.
- EDF Group (2006). *2006 Financial Report*. Francia.
- Edwards, R. (2006). "Who will pay for a nuclear future?" *New Scientist*. Estados Unidos, junio.
- Epstein, P. R. y Selber, J. (Edits.) (2002). *A life cycle analysis of its health and environmental impacts*. The Center for Health and the Global Environment. Harvard Medical School. EUA, marzo.
- Fairlie, I. y Summer, D. (2006). *The other report on Chernobyl (TORCH)*. The Greens-EFA in the European Parliament. Berlín/Bruselas/Kiev, abril.
- Fernández-Vázquez, E. y Pardo-Guerra, J. P. (2005). "Latin America Rethinks Nuclear Energy". *IRC Americas*. EUA, 13 de Septiembre.
- GE (sin fecha). "Nuclear Energy Facts". *General Electric Energy*. EUA. Disponible: [www.ge-energy.com/nuclear](http://www.ge-energy.com/nuclear)
- Giles, J. (2006). "When the Price is Right." *Nature*. Vol. 440. No. 7087. EUA, 20 de abril.
- Global Footprint Network (2004). *Humanity's Footprint 1961-2003*. EUA.
- Hannum, W., Marsh, G. y Standord, G. (2005). "Smarter Use of Nuclear Waste". *Scientific American*. EUA, diciembre.

- Harrison, M. (2006). "Nuclear firms fined £4m for safety lapses that led to radioactive leaks." *The Independent*. Reino Unido, 11 de agosto.
- Heinberg, R. (2003). *The Party's Over. Oil, war and the fate of industrial societies*. Canadá: New Society Publishers.
- Holtec (2007). "Holtec International Launches the Chernobyl Dry Storage Project". *Businesswire.com*, 6 de agosto.
- IPPC (2007). *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Report*. Ginebra, Suiza. Abril.
- Kanter, J. (2008-A). "Britain's decision on nuclear power could give new hope to industry". *International Herald Tribune*. Paris, 8 de enero.
- (2008-B). "British government approves new nuclear power plants". *International Herald Tribune*. Paris, 10 de enero.
- Kidd, S. (2004). "Nuclear: is there any net energy addition?" *Nuclear Engineering International*. Vol. 49. No. 603. Octubre.
- Lavelle, M. y Schulte, B. (2007). "Is Ethanol the Answer?" *U.S. News*. Vol. 142. No. 5. EUA, 12 de febrero.
- Lee, K. (2003). "Total oil in France's biggest postwar financial scandal". *World Socialist Web Site*. 11 de Julio.
- Matthews, O. (2006/7). "Get yer cheap nukes now". *Newsweek*. Edición Especial. EUA, diciembre-febrero.
- Marty, R. (2007). "Para centrales nucleares. Uranio, elemento estratégico." *Revista Ingenieros*. No. 183. Colegio Ingenieros de Chile A.G. Chile, julio-septiembre.
- MIT (2003). *The Future of Nuclear Power*. EUA: Massachusetts Institute of Technology.
- Murray, T. (2006). "Greenland's ice in the scales". *Nature*. Vol 443. No. 21. EUA, Septiembre.
- National Energy Policy Development Group (2001). *National Energy Policy*. US Government Printing Office. EUA, mayo.
- NISA/METI (2007). Consequences of 'the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007' at Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Station. Japón, 24 de julio. Disponible: [www2.jnes.go.jp/atom-db/en/trouble/individ/power/h/h20070724-2/news.html](http://www2.jnes.go.jp/atom-db/en/trouble/individ/power/h/h20070724-2/news.html)
- Nuclear Information and Resource Service (sin fecha). "The consequences of Chernobyl." *Nuclear Monitor On-line*. Disponible: [www.nirs.org/mononline/consequ.htm](http://www.nirs.org/mononline/consequ.htm)
- O'Connor, J. (2001). *Causas naturales. Ensayos de marxismo ecológico*. Siglo XXI. México.
- Peplow, M. (2006). "Counting the Dead". *Nature*. Vol. 440. No. 7087. EUA, 20 de abril.
- Polliart, A. J., y Barreto, P.M.C. (1976). "Nuclear Energy Prospects and Uranium Resources in Latin America". *IAEA Bulletin*. Vol. 18. No. 3/4. Austria.
- Rainwater van Suntum, L. (2005). "Spinning Nuclear Power into Green". *First Quarter 2005. PR Watch Newsletter*. Vol. 12. No.1. EUA.
- Ravetz, J. (sin fecha). *The No-Nonsense Guide to Science*. Reino Unido: New Internationalist.
- Reuters (2008). "Sarkozy Confirms Plans For UAE Nuclear Deal: Paper." *The New York Times*. EUA, 13 de enero.

- (2007). “Japanese utilities admit nuke incidents”. China Daily. China, 19 de marzo.
- Reville, W. (2006). “Perceptions of the health impact of Chernobyl”. Journal of Radiological Protection. No. 26. EUA.
- Revkin, A. C. (2007). “Scientists observe record melting of Artic Ocean ice cap”. International Herald Tribune. 21 de Septiembre.
- Saxe-Fernández, J. (2005, Agosto 18). “El Chernobyl Mexicano”. La Jornada.
- Sin autor (2008-A). “Oil price could hit \$200, says German Institute.” Spiegel On Line. Alemania, 3 de enero.
- (2008-B). “China’s first new-generation reactor to start construction”. World Nuclear News. 4 de enero.
- (2008-C). “Russian push for new business continues.” World Nuclear News. 3 de enero.
- (2008-D). “Nuclear revival in the UK: AREVA is ready.” Areva Press Release. Francia, 10 de enero de 2008. Disponible: [www.aveva.com/servlet/cp\\_10\\_01\\_08-c-PressRelease-cid-1199809785048-en.html](http://www.aveva.com/servlet/cp_10_01_08-c-PressRelease-cid-1199809785048-en.html)
- (2007-A). “G8 post-Kyoto climate aims”. Nuclear Engineering International. Vol. 52. No. 636. Julio.
- (2007-B). “Boom. As security and climate concerns rise, nuclear power may be coming back”. The Economist. 2-8 de Junio.
- (2007-C). “Nuclear Dawn”. The Economist. Technology Quarterly. 8 de Septiembre de 2007.
- (2007-D). “Total Wants to Develop Nuclear Business”. International Business Times. Paris, 12 de diciembre.
- (2007-E) “GE, Hitachi Forge Global Alliance In Nuclear Industry”. GE Energy News. EUA, 4 de junio. Disponible: [www.gepower.com/about/press/en/2007\\_press/060407a.htm](http://www.gepower.com/about/press/en/2007_press/060407a.htm)
- (2006). “Sugiere Canales Clariond desarrollar otra planta nuclear.” La Jornada. México, 27 de noviembre.
- (2003-A). “El consejero delegado de la petrolera Total, detenido por presunta corrupción en Irán y Camerún.” La Vanguardia. España, 21 de marzo.
- (2003-B). “Nuclear Energy Would Get \$7.5 Billion in Tax Subsidies; US Taxpayers Would Fund Nuclear Relapse if Energy Bill Passes.” Nuclear Information and Resource Service. EUA, 17 de noviembre.
- (2003-C). “Court Rules Monju Fast Reactor Unsafe”. The Asahi Shimbun. Japón, 28 de enero. Disponible: [www.asahi.com/english/national/K2003012800361.html](http://www.asahi.com/english/national/K2003012800361.html)
- (2002). “Yucca Mountain Nuclear Waste Storage Infringes on Native Rights”. CorpWatch. EUA, 9 de mayo.
- (sin fecha-A). “General Electric Profile”. CorpWatch. EUA. Disponible: [www.corpwatch.org/article.php?list=type&type=16](http://www.corpwatch.org/article.php?list=type&type=16)
- (sin fecha-B) “Nuclear Giveaways in the energy bill conference report”. Public Citizen. EUA. Disponible: [www.citizen.org/cmep/energy\\_enviro\\_nuclear/electricity/](http://www.citizen.org/cmep/energy_enviro_nuclear/electricity/)

- energybill/2005/articles.cfm?ID=13779
- Thomson Financial (2007) “French consortium wins contract for Chernobyl sarcophagus”. Forbes.com. 8 de agosto.
- Velicigna, I. y Wahr, J. (2006). “Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004.” Nature. Vol 443. No. 21. EUA, Septiembre.
- Venetoulis, J. y Talberth, J. (2005). Ecological Footprint of Nations. Update 2005. EUA: Redefining Progress.
- Vinci / Bouygues (2007). Confinement Shelter for the Chernobyl Sarcophagus. Press File. 17 de septiembre. Disponible: [www.bouygues-construction.com/fichiers/fckeditor/File/PDF/dossier-de-presse/DP-Tchernobyl-17.09.07-ENG.pdf](http://www.bouygues-construction.com/fichiers/fckeditor/File/PDF/dossier-de-presse/DP-Tchernobyl-17.09.07-ENG.pdf)
- Wakeford, R. (2005). “Cancer risk among nuclear workers”. Editorial. Journal of Radiological Protection. No. 5. EUA.
- Wenisch, A. et al (2004). “Analyse der Verflechtungen der Nuklearindustrie”. Ökologie Institut für Angewandte Umweltforschung. Alemania. Disponible: [www.ecology.at/nucbiz/endbericht.pdf](http://www.ecology.at/nucbiz/endbericht.pdf)
- Zamora, G. (1997). Caso Conasupo: La leche radioactiva. México: Planeta.