

Cambio climático, seguridad energética y nucleoelectricidad: una apuesta incierta.

Gian Carlo Delgado Ramos¹
Leslie Cristina Campos Chávez²

Resumen

Frente a los límites ambientales que se develan frente al cambio climático, a la par de las tendencias de un aumento población y crecientes patrones de consumo de energía, la apuesta nuclear se presenta como una solución factible, de cero emisiones y supuestamente segura. Pese a ello, los accidentes como el de Fukushima o Chernóbil advierten que la nucleoelectricidad no está libre de riesgos y las implicaciones con o sin accidentes son de gran envergadura. El presente texto abre revisando brevemente el estado actual de la industria nuclear para desde ahí ofrecer una revisión de los principales cuestionamientos a la nucleoelectricidad de tal suerte que permita dar cuenta de unos y otros posicionamientos. Especial énfasis se pone en el problema no resuelto de la disposición de residuos radiactivos, así como en las implicaciones socio-ambientales de un eventual accidente. Para ese último punto se revisa la bibliografía especializada más reciente, tanto científica como de organismos internacionales, incluyéndose resultados de informes científicos sobre el impacto del accidente de Chernóbil a la fecha. Se suma la indagación de diversas fuentes relativas al eventual impacto del accidente de Fukushima en tanto que ha sido catalogado de la misma escala que el primero y permite evaluar un periodo considerable de tiempo en el que la industria nuclear se considera cada vez más madura. Tomando nota de lo anterior, el texto cierra con una revisión y valoración de la Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2026 de México en la cual se presenta oficialmente la propuesta de ampliar considerablemente la capacidad nucleoelectrica nacional. Se concluye con una reflexión del caso que se deriva, tanto de la *ciencia posnormal* como de los *estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, dando cuenta así de la necesidad de democratizar la ciencia para la política, especialmente cuando lo que está en juego es alto y se hace presente un importante grado de incertidumbre.

Palabras clave: nucleoelectricidad, riesgos, implicaciones, Chernóbil, Fukushima, México.

¹ Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Investigador de tiempo completo del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Integrante del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. Correo electrónico: giandelgado@gmail.com y giandelgado@unam.mx

² Licenciada en Sociología por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Integrante del proyecto CEIICH-PINCC de la UNAM sobre “Indicadores de sistemas de transporte y la viabilidad socio-ecológica del uso de biocombustibles: el caso de México”. Falleció el 12 de Agosto de 2012.

Introducción

A 25 años del accidente de Chernóbil en Ucrania (26 de abril de 1986), un nuevo suceso acontecido el viernes 11 de marzo de 2011 en la planta Fukushima Daiichi-I, recuerda a los proponentes de la energía nuclear y al resto de la humanidad las implicaciones y riesgos que acarrea dicha tecnología.

La complejidad técnica y regulatoria, el alto costo económico total acumulado (incluyendo costos indirectos) y a la incertidumbre que ha rodeado al uso de la energía nuclear -civil y militar- desde sus orígenes (especialmente en lo que respecta a sus implicaciones socio-ambientales derivadas de accidentes de diversa naturaleza), no ha sido motivo para dejar de considerarla en ciertos grupos de actores como una alternativa viable ante la caída de las reservas mundiales probadas de combustibles fósiles y la creciente demanda de energía, misma que ha sido estimada por la Agencia Internacional de Energía hasta en un 1/3 de incremento al 2035 con respecto al año 2010 (AIE, 2012).

En el actual escenario la energía nuclear es igualmente señalada como una medida viable para hacer frente al cambio climático en tanto que sus proponentes señalan que es una fuente energética de “cero emisiones”.

Tal lectura no está libre de críticas y en los hechos los actores políticos y académicos han tomado posicionamientos encontrados. En tanto, los actores sociales aglutinados en asociaciones civiles u organismos no-gubernamentales, tienden a ser cada vez más críticos.

El presente trabajo analiza de cara al cambio climático y la seguridad energética, las implicaciones de la nucleoelectricidad, en especial las socio-ambientales, ello a partir de una revisión de los antecedentes y hechos históricos presentes -con todo y sus contradicciones- en la literatura especializada.

Las inevitables interpretaciones que resultan de tal revisión distan de ser opiniones desinformadas, pero también neutrales. Y es que consideramos, en un sentido *kuhniano* (Kuhn, 1970), que la ciencia no es ni puede ser neutral, aunque ciertamente sí de una u otra calidad y complejidad. Apostamos entonces por una lectura amplia y en nuestra opinión de calidad; en una revisión informada, crítica y sustentada a partir de dar cuenta de los hechos concretos y los antecedentes históricos y de inevitablemente valorar los resultados de investigación y opiniones derivadas de diversos especialistas que, en ningún caso se asumen como neutrales o desinteresadas.

Se han revisado diversas fuentes bibliográficas especializadas (*per reviewed*), informes y posicionamientos de organismos internacionales y nacionales avocados a la temática, así como hemerografía diversa. Nuestra lectura es de carácter exclusivamente académico; libre de

conflicto de interés en el entendido de que no pertenecemos, ni hemos pertenecido a ninguna entidad o grupo empresarial, político o no-gubernamental (ONG, asociación civil o similar) a favor o en contra de la energía nuclear.

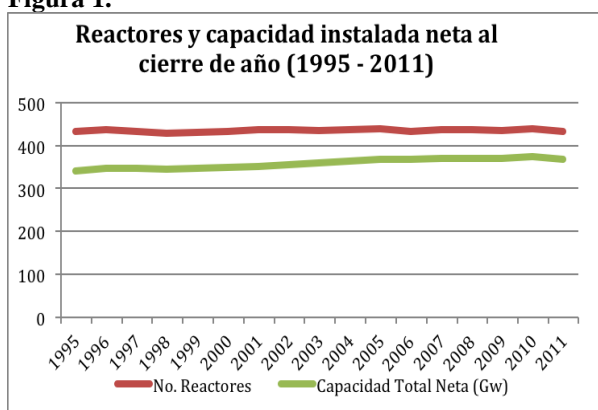
Conscientes de que abordamos un tema disputado pero también de relevancia actual, nuestro principal criterio de valoración es la vida misma y la garantía de una buena calidad de vida tanto en el corto, como en el mediano y largo plazos y, en ese tenor, resulta fundamental la valoración de las narrativas presentes y las alternativas posibles considerando, por un lado, el contexto sociopolítico y, en su caso, de intereses creados en el que se desenvuelven, y por el otro, las potenciales implicaciones en juego, ello sobre la base de antecedentes y hechos así como de retos futuros.

Debe precisarse que nos centramos únicamente en el uso de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica. No desconocemos los nefastos usos militares, ni tampoco ciertos usos potencial o relativamente benéficos³, en por ejemplo, en el sector salud o en la investigación científica con fines netamente académicos.

El estado actual de la energía nuclear

Hoy por hoy, en términos de terawatts (tWh) producidos, la industria nuclear es dominada por Estados Unidos (EUA) en un 30%, Francia en un 16% y Japón en un 10% (Rusia, Corea y Alemania suman alrededor de 5% cada uno) (AIE, 2010: 17). Según la Agencia Internacional de Energía Atómica, al cierre del año 2011 existían 435 reactores en operación a nivel mundial, mismos que suman una capacidad total neta de 370 Giga watts. Ello significó, según datos de BP (2012: 41), el 5.2% del total del consumo de energía primaria en 2010 y el 4.8% en 2011, pero sólo alrededor del 2.8% del consumo final de energía mundial para el año 2010 (Ren21, 2012: 21).⁴ Véase Figura 1 y 2, respectivamente sobre capacidad instalada, número de reactores, así

Figura 1.



Fuente: elaboración propia con base en datos de la Agencia Internacional de Energía Atómica.

³ Precisamos que son potencial o relativamente benéficos en tanto que todo uso de radiación indudablemente conlleva potenciales impactos no deseados en el medio ambiente y la salud, muchos de ellos no necesariamente derivados de la madurez de tal o cual tecnología, sino más bien de aspectos regulatorios y del denominado “factor humano”.

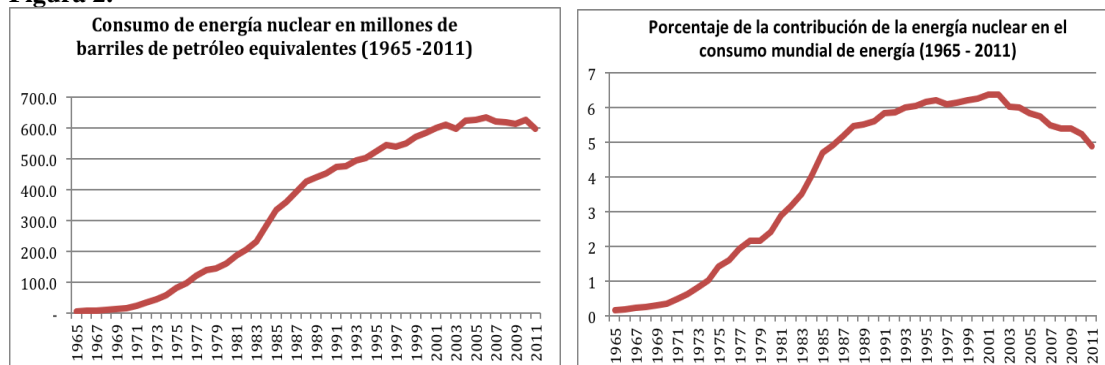
⁴ Según datos de la AIEA, el sector aportó 5.1% del total de energía primaria en 2011 o el 12.3% del total mundial de energía eléctrica (AIEA, 2012).

como al consumo (con base en generación bruta de energía) y porcentaje de aporte a la canasta mundial energética (en términos consumo de energía primaria).

Al cierre del año 2010, cincuenta y seis reactores adicionales se encontraban en construcción, 36 de los cuales se localizaban en Asia (12 de tales proyectos eran recién puestos en marcha por parte de China, Corea del Sur, Rusia y Eslovaquia) (AIEA, 2010: 5). No obstante, datos de 2012 anuncian que son 64 reactores en construcción, la gran mayoría en China, Rusia, India y Corea del Sur (www.iaea.org/pris). En este contexto, no es menor el hecho de que sólo China más que duplique los reactores en construcción por parte de Rusia y casi cuadruple los de India (Ibíd.). En ese sentido, es claro que China es clave en la geoeconomía de la nucleoelectricidad del presente siglo, situación que se vislumbraba desde hace algún tiempo puesto que, de los últimos 41 reactores puestos en línea, 30 han sido de la región asiática, sobre todo del mencionado país y de Corea del Sur (AIE, 2010: 5).

Por otro lado, también se declara que 50 reactores están en proceso de

Figura 2.



Los datos de BP demuestran que pese a la tendencia creciente de producción de energía nuclear (relativamente estancada en la última década) (gráfica a la izquierda), el aporte de ese tipo de energía en el consumo total mundial es cada vez menor (gráfica a la derecha). Ello indica que la energía nuclear en los hechos no ha sido clave en la canasta energética total aunque sí lo es en términos de los residuos generados en tanto que sí tendrán que ser gestionados, al menos por varios cientos de años más.

Fuente: elaboración propia con base en datos estadísticos históricos de British Petroleum (www.bp.com).

desmantelamiento, 16 se han desmantelado completamente, 49 reactores están en modo de apagado seguro; 5 en apagado de largo plazo (4 de Canadá y uno de Japón), 3 más están ya enterrados y 6 no cuentan con ninguna estrategia de decomisado (AIEA, 2012).

Al mismo tiempo, la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) declara que como consecuencia del accidente de Fukushima Daiichi se comenzaron a retirar 12 plantas de 13 en los últimos dos años, al tiempo que se espera que el crecimiento del sector disminuya de ritmo, al menos en 8% con respecto a las proyecciones hechas por la propia Agencia en 2010 (AIEA, 2012).

Los inconvenientes de la energía nuclear

La industria nuclear tiene múltiples inconvenientes, tales como la finitud de las reservas de material radioactivo barato (cuyo *peak*, o cenit de la producción, se estima para la década de 2070)⁵; su dependencia a los subsidios⁶ para la construcción, operación, manejo de residuos y eventual decomisado; el problema aún sin solución definitiva sobre la disposición final de los desechos nucleares [hoy día existen, según AIEA (2010: 15) unas 225 mil toneladas de combustible quemado en las albercas de las diversas plantas nucleares del planeta] y; el hecho de que la energía nuclear sigue siendo una tecnología con accidentes y fallas operativas de diversa magnitud e implicaciones, por no hablar de la delgada frontera entre su uso civil y militar y que la hace aún más costosa y peligrosa con consecuencias no solo a nivel local sino de alcance global.

Según la industria nuclear y sus proponentes, tales inconvenientes tienen o podrán tener solución, o en su caso son inexistentes. Así, el problema de las reservas podría ser resuelto con mayor exploración (cuyos datos a nivel mundial son celosamente manejados por gobiernos y la industria extractiva correspondiente), con el reprocesamiento del combustible, y con la mejora tecnológica ya existente de las nuevas generaciones de reactores para que sean cada vez más eficientes, es decir para que “quemen” mejor el combustible y reduzcan como consecuencia el nivel de radioactividad del mismo. En lo que respecta al problema de los residuos, éste es ampliamente reconocido por la propia industria nuclear, no obstante asegura desde que comenzara a operar dicha industria que eventualmente se podrá resolver. Lo que es cierto es que, tal y como se revisa más adelante, al día de hoy no existe tecnología ni repositorio probado para la disposición final definitiva de la basura radioactiva.

⁵ Se refiere al *peak* o cenit de producción de uranio barato. Según Willem y Van Leeuwen (2006), el *peak* se alcanzará en el 2070. Datos de la AIEA (2010: 13) confirman que las reservas de uranio de menos de \$130 dólares por kilogramo de costo en su extracción (según cálculos para 2010) de unos 90 años, lo que sugiere un *peak* en ese tipo de uranio, del más barato para finales de la década del 2060. Una 700 mil toneladas adicionales de uranio se han identificado a costos que llegan a duplicar el antes indicado de 130 dólares por kilogramo (Ibíd.: 11). Para 2011 se informaba una caída de 1.4% en las estimaciones antes indicadas (AIEA, 2012).

⁶ Los reactores que operan con combustible enriquecido han sido sujetos de subsidios directos o indirectos por parte del complejo militar industrial pues al principio de la industria nuclear de usos pacíficos el gasto inicial para el enriquecimiento de uranio fue exclusivamente de tipo militar dada la relación existente con la fabricación de bombas. Por otro lado, los reactores comerciales han recibido subsidios para la IyD, no sólo desde el ámbito civil, sino sobre todo del militar. Se estima que de 1947 a 1999, sólo en EUA se destinaron 115 mil millones de dólares en subsidios directos y más de 145 mil millones de dólares en indirectos (Folkers, 2004). Otro apoyo importante por parte del gobierno es la laxa regulación en cuanto a la responsabilidad de las empresas ante eventuales accidentes, por ejemplo, en EUA existe la Ley Price – Anderson que obliga a los operadores a cubrir una póliza de seguro de 300 millones de dólares y conformar un fondo de compensación en caso de accidente de 95 millones de dólares. El resto del costo sería cubierto por el erario público tal y como sucedió con Chernóbil donde el gasto público asciende, hasta la fecha, a 5-7% del PIB de Ucrania y alrededor del 20% de Belarús. Debe tenerse en cuenta que el costo estimado de limpieza y compensación para un accidente nuclear del tamaño de Chernóbil y potencialmente del de Fukushima ha sido fijado entre los 38 mil millones de dólares a los 314 mil millones de dólares (Makhijani y Saleska, 1996; Lapp, 1993).

Por su parte, los accidentes se asumen como tecnológica y operativamente evitables y, en su caso, manejables ya que conforme pasa el tiempo la industria se hace más experimentada (ello es válido pese a que muchos de los reactores en operación siguen siendo tecnología de primera generación). Así, los impactos socioambientales de los accidentes conocidos han sido hasta la fecha públicamente estimados por la propia industria y por la Agencia Internacional de Energía Atómica, como limitados.⁷

Clima y energía nuclear

De cara al ampliamente reconocido fenómeno de cambio climático de tipo antropogénico (IPCC, 2007) y en un contexto en el que las reservas de petróleo de más fácil acceso comienzan a presentar un *peak* (www.aspousa.org), la seguridad energética se coloca hoy y ciertamente en el futuro, como un asunto de la mayor importancia. Así y pese a las advertencias sobre el riesgo de la energía nuclear y la cotidianidad de los accidentes, la industria nuclear ha mantenido una postura positiva no sólo en torno a su existencia, sino de abierto apoyo a su *resurgimiento*, de cara al cambio climático y a la tendencia decreciente de disponibilidad de petróleo barato y de fácil acceso. En dicho tenor, en el marco de las jornadas ExpoManagement 2011, el presidente ejecutivo de Volans, John Elkington, sostenía "...la energía nuclear es esencial para la seguridad energética" (Blázquez, 2011:15).

Ahora bien, ya desde 2004 se identifica nítidamente la apuesta por una narrativa que considera a la energía nuclear como "una fuente limpia" o de "aire limpio". El Instituto de Energía Nuclear de EUA (IEN), líder del lobby de la industria nuclear de ese país, sugería entonces, asociar la necesidad de construir unas 50 plantas 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, 2005). Ello a pesar de que tal vinculación contradice la legislación estadounidense de 1998 de la *National Advertising Division* del Council of Better Business Bureaus, que establece que dicho Instituto debía discontinuar su publicidad "inexacta" que asegura que la energía nuclear es limpia (Ibíd.).

No sobra precisar que esa publicidad fue acompañada de una campaña que pagó tal Instituto a *Potomac Communications Group* para que escribiera anónimamente cartas públicas (*op-eds*) apoyando el almacenamiento de dichos desechos en Yucca Mountain (véase más adelante) (Lewis, 2008). Y aún más, se sostiene que el IEN delegó a la consultora de comunicación Hill & Knowlton (EUA), la implementación de una orquestada campaña pro-

⁷ Al mismo tiempo, los estudios científicos y gubernamentales que sugieren costos mayores son descalificados y sus autores acusados de verter meras opiniones desinformadas, sesgadas o politizadas. Tal es el caso de diversos estudios sobre Chernóbil (véase más adelante).

nuclear, es decir a la misma consultora que estuvo al mando del cerco impuesto por las tabacaleras a la ciencia que vinculaba el cáncer con fumar (Ibíd.). Hill & Knowlton contrató entonces al cabildo Patrick Moore y a la exjefa de la Agencia de Protección Ambiental, Christine Whitman. Como resultado, el 24 de abril de 2006, dos días antes del aniversario del accidente de Chernobyl, se anunciaba públicamente la conformación de la *Coalición de Energía Limpia y Segura* como plataforma para promocionar las bondades de la energía nuclear (Ibíd.).

Compuesta por unos 1,500 miembros, todos provenientes de compañías de energía nuclear, grupos industriales y sindicatos que se benefician del negocio nuclear, así como de políticos y grupos como el *Science and Environmental Policy Project* que se opone al “mito” del calentamiento global, la Coalición no se asume como grupo de cabildeo, sino como una entidad que *educa al público* (Ibíd.). En tal sentido, la coalición se ha enfocado, sobre todo, a realizar reuniones para convencer a ciudades de EUA, como Detroit o Cedar Rapids, para que construyan nuevas plantas. Las encuestas de Bisconti Research son uno de sus principales apoyos informativos puesto que favorecen el renacimiento de la energía nuclear, algo que no extraña si se toma nota de que su presidente, Ann Bisconti, ha sido miembro de la Sociedad Nuclear Norteamericana y vicepresidente del IEN.⁸

Por indicado, es pues evidente que con el fuerte poder político-económico del lobby nuclear mundial, éste, más que ser inexacto -como sostiene *Council of Better Business Bureaus*-, más bien en el mejor de los casos manipula la opinión pública cuando asegura sin cortapisas que la energía nuclear es completamente limpia. Y es que este tipo de energía es inevitablemente sucia y sus impactos a la naturaleza no se pagan, en particular aquellos de largo plazo. Esto es evidente cuando se toma nota no sólo de las emisiones sino de las implicaciones ambientales que se asocian al ciclo completo de producción de electricidad con energía nuclear. Esto es, de aquellos que se vinculan a la extracción y enriquecimiento de uranio, la construcción de los reactores y las plantas nucleoelectricas, la operación de las mismas, la salida de desechos y su gestión, así como el eventual decomisado de las plantas, aspecto en el que la experiencia es mínima pues en toda la historia de la industria nuclear se han decomisado de manera total sólo 16 plantas nucleares a un costo elevado y en condiciones en que la “solución” de los desechos trasladados ha sido meramente provisional.

Los resultados de los estudios que existen sobre el ciclo de vida del uranio en términos de gases de efecto invernadero (GEI), como todo estudio de dicha naturaleza, pueden ser variables en tanto que dependen de lo que incluyen y dejan fuera de la contabilidad. Los límites del sistema contable son entonces clave para verificar datos positivos o negativos.

⁸ Ibid.

Considerando lo antes dicho, lo que se verifica es que las valoraciones positivas, como las de la propia industria nuclear, sostenidamente no contemplan o lo hacen de modo parcial, la energía involucrada en la extracción del mineral (uranio de peso atómico 235 y 238), mucho menos los impactos ambientales directos e indirectos de la actividad minera que son socioambientalmente considerables, tanto por las sustancias radioactivas que se liberan (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), como por las bajas concentraciones en las que se encuentra el recurso y que demanda una profunda alteración de los espacios naturales que los contienen al tener que removerse miles de toneladas para obtener cantidad mínimas de material útil: de entre unos cientos de gramos a un par de kilos por tonelada de roca en el mejor de los casos. Datos de la Asociación Mundial Nuclear precisan que en 2009 fueron extraídas 53,663 toneladas de uranio (WNA, 2011), 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. Además, el costo socio-ambiental de tal minería se agudiza puesto que el proceso extractivo involucra el uso de ácidos o técnicas de digestión alcalina que generan desechos líquidos con isótopos tales como el mencionado radio-226, ello además de metales pesados y otros elementos tóxicos (para un estudio científico de caso, léase: Moran, 2011).

En tales contabilidades tampoco son consideradas las implicaciones socioambientales asociadas a la demanda energético-material necesaria para el procesamiento y enriquecimiento de uranio (usualmente se requiere aumentar la concentración de material fisionable de 0.7% a 3%); para 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 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); para la transportación y almacenamiento, tanto del combustible como de desechos radioactivos y el decomisado de viejos reactores (de llegar a hacerse), así como de infraestructura contaminada y contenedores de desechos; etcétera. No debe olvidarse el gasto energético-material y sus costos socio-ambientales directos e indirectos de monitorear y vigilar un sector prácticamente de tipo dual (cívico-militar).

Así, si limitamos el análisis a la cantidad de GEI emitidos directa e indirectamente y descartamos el resto de cuestiones ambientales antes mencionadas, el estudio tal vez más aceptado en la esfera académica estima que en efecto las emisiones asociadas a la nucleoelectricidad son menores que las alternativas con base en combustibles fósiles, pero en ningún caso mejor que las energías renovables.

Según Sovacool (2008), las emisiones asociadas rondan entre 1.4 y 288 gramos de CO₂e por kWh. El extremo más bajo es irreal y excluye muchas fases del ciclo de vida del combustible nuclear, mientras que el más alto sobrevalora algunas otras. Para Sovacool, el dato más adecuado rondaría los 66 gramos de CO₂e por kWh, esto es mejor que los 443 gramos de CO₂e por kWh estimado para las plantas de generación eléctrica a gas o de los 960 gramos de CO₂e por kWh para las que operan con carbón (Ibíd.). No obstante es mucho más que el estimado para la producción con base en solar fotovoltaica en torno a unos 32 gramos de CO₂e por kWh o aquella de tipo eólico que se ubica en unos 10 gramos de CO₂e por kWh (Ibídem).

Basura radioactiva, aspecto sin solución definitiva a más de seis décadas de operación de la industria nucleoelectrica.

Si bien es cierto que la nucleoelectricidad 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 enriquecido en u-235, o del plutonio-239 con una vida media de 24,100 años). 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. Ni EUA, ni Japón, ni Europa, que cuentan con recursos económicos, han logrado resolver a fondo el problema de su creciente basura nuclear.

El controversial proyecto de un repositorio en Yucca Mountain en Nevada, EUA está en estado de indefinición. Debía haber estado en operación en 1998 pero su último emplazamiento supone su apertura no antes de 2017, no obstante, dado que Obama aseguró en 2008 que cancelaría el proyecto, su destino es aún incierto. Las presiones por parte de algunos actores para revertir tal definición presidencial se sostienen en la amenaza -formalizada en la *Nuclear Waste Fund Relief and Rebate Act, S. 2176*- de que en caso de cancelarse definitivamente el proyecto, se deberá tener una segunda opción en un plazo de 30 días o el gobierno tendría que devolver el dinero recabado en el marco del fondo para la supuesta construcción de un repositorio y que totaliza un monto de unos 35 mil millones de dólares.⁹ El proyecto ha implicado un gasto de más de 9 mil millones de dólares e invertido años en diseños llenos de

⁹ El fondo recabó un centavo por kilowatt producido con nucleoelectricidad para hacerse cargo de los residuos nucleares a partir de 1998 cuando Yucca Mountain entraría en funciones. Dado que eso no ha sucedido, el gobierno ha sido demandado por incumplimiento y ya ha pagado 342 millones de dólares en compensaciones. Con el paso del tiempo, los pagos compensatorios van en aumento pero ante la eventual cancelación del proyecto, la industria nuclear reclama ahora la totalidad de su dinero.

fallas técnicas y controversias de todo tipo, incluyendo aquellas de justicia ambiental pues se pretende emplazar el repositorio en pleno territorio de los pueblos originarios Shoshone.

En Europa se afirma que los proyectos van más avanzados. El primer repositorio a nivel mundial se espera esté operativo en 2015 en Finlandia, seguido de otro más en Suecia para el 2020 y un tercero en Francia para el 2025. No deja de ser llamativo que este último sea el país con más capacidad nucleoelectrónica emplazada y unos 90 mil m³ de combustible usado en espera de su disposición final (Landau, 2011), sea el que vaya a la cola de tal esfuerzo europeo.

Los supuestos y marcos temporales bajo los que están siendo diseñados los repositorios son claramente cuestionables. Pese a que mucha de la basura o residuos radioactivos que se esperan almacenar no decaerán hasta después de cientos de años, los repositorios europeos serían monitoreados sólo por un siglo para después ser sellados de manera definitiva, lo que no necesariamente significará que sean seguros después de tal periodo. Científicamente esto simplemente no ha sido y difícilmente puede ser demostrado sin acarrear consigo un cierto grado de incertidumbre técnica, metodológica y sobre todo epistemológica (léase: Ravetz, 1971; Funtowicz y Ravetz, 1990 y 2000; Funtowicz y Strand, 2007).

El supuesto es que una vez sellados, los repositorios se mantendrían herméticos por 100 mil años, asumiendo que la roca circundante funcione como una barrera impermeable una vez que los contenedores se desintegren (Landau, 2011). Desde luego tal hermetismo no contempla ningún tipo de evento geológico extremo, estima que los contenedores durarán unos 4 mil años y en ningún momento se reconoce que la imposibilidad de garantizar desde una perspectiva geológica que no habrá filtración alguna de agua. A esto se suma la fuerte incertidumbre que existe acerca de posibles interacciones químicas o de eventuales alteraciones provocadas por terremotos (Ibíd.).

Pese a ello, en caso de efectivamente funcionar tal y como se espera, los repositorios son infraestructuras altamente demandantes de materiales y energía para su construcción, operación y sellado. Desde luego tal costo no se contempla cuando se estima la competitividad de la energía nuclear frente a otras fuentes como las renovables, dígame la solar. Para dar una idea burda del costo debe anotarse que los principales materiales requeridos son el concreto y acero para dar forma a los túneles y galerías que suelen sumar unos cuantos kilómetros horizontales (tres para el caso del repositorio de Bure, Francia), y más de medio kilómetro de profundidad; es decir, se trata de los materiales cuya manufactura demanda más energía.¹⁰ Se suman cantidades cuantiosas de arcilla bentónica como medio para atrapar el agua y así proteger

¹⁰ Según datos de CEMEX (2010), una de las empresas más eficientes en su producción a nivel mundial, las emisiones asociadas a la producción de concreto se estiman en 298 kg de CO₂ por metro cúbico. Por su parte, la producción de acero implica una emisión de 1.8 a 2 toneladas de CO₂ por tonelada de metal, ello con base en el promedio mundial ofrecido por la Asociación Mundial del Acero (www.worldsteel.org).

el rededor de los contenedores con basura radioactiva. Y una vez dispuestos tales contenedores, túnel por túnel y galería por galería, se demandan toneladas de arcilla purificada y concreto para su sellado. El costo de extracción, transportación y vertido de tales materiales en términos de energía y por tanto de emisiones de GEI no es pues despreciable y su estimación para cada proyecto y para la industria nuclear en su conjunto debería de ser un prerrequisito.

De Chernóbil a Fukushima, implicaciones a la salud y el medio ambiente.

Los accidentes que acompañan el desarrollo de la industria nuclear han sido muchos y muy variados a lo largo del tiempo. El más aparatoso hasta ahora había sido el episodio de Chernóbil (nivel 7 en la escala INES¹¹), evento que liberó tanta radiación como 200 bombas del tipo de las que fueron lanzadas en Hiroshima y Nagasaki (este último evento calificado como holocausto nuclear dada su magnitud y que diera término a la Segunda Guerra Mundial). Pese a sus dimensiones (que la industria nuclear y sus proponentes insisten en minimizar), Chernóbil no ha sido el único caso. Se suman numerosos más de diverso calibre, desde la explosión de un tanque de desecho de alta actividad en Kyshtym (Rusia) en 1957 (nivel 6), el sonado caso del derretimiento parcial del reactor 2 de la central Three Mile Island en EUA en 1979 (nivel 5); el incendio que destruyó los sistemas de seguridad de la central en Vandellós I en España en 1989 (nivel 3); 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); 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; el incidente de criticidad en Tokai-Daini (1999) en su la planta de reprocesamiento de combustible gastado; el ocasionado como producto del 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; o el más reciente accidente de gran dimensión, el de la planta Fukushima Daiichi-I de marzo de 2011 (véase, Delgado, 2009).

¹¹ INES – International Nuclear Events Scale.

Chernóbil actualizado

La industria nuclear alberga desde su nacimiento incansables debates acerca de su conveniencia o no como energía alternativa ante la necesidad de diversificación del patrón energético sustentado en los hidrocarburos, se sabe que su empleo conlleva significativos riesgos latentes de contaminación que se han hecho reales en distintas catástrofes siendo las más significativas Chernóbil, Three Mile Island y Fukushima; lamentablemente como es una industria que se puede calificar de “reciente” ya que se desarrolla a partir de la segunda mitad del siglo XX, las consecuencias socioambientales a mediano y largo plazo no han sido completamente observadas y tampoco se les ha dado el seguimiento y preponderancia que corresponde, sobre todo de cara al tamaño del problema en términos de lo que se supone está en juego: ecosistemas enteros y la salud del ser humano en el corto, mediano y largo plazos.

Contrario a lo que se pensaría las consecuencias socioambientales de una catástrofe nuclear no disminuyen con el tiempo, sino que tienden a aumentar en el mediano plazo y se mantienen constantes a largo plazo como se ha demostrado al analizar el caso concreto de Chernóbil (véase más adelante).

Como es ampliamente conocido, la dispersión de toneladas de material radiactivo se dio a cientos de kilómetros desde la central de Chernóbil, y en cuestión de una semana incluso a Canadá, EUA y Japón. El caso fue considerado en sus primeros 10 días por las autoridades soviéticas como “una situación bajo control” (Alexievich, 2006: xi.). 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 completamente controlada, la situación era y sigue siendo compleja y llena de eventualidades (ya se construye un segundo sarcófago para tratar de contener la radiación que aún emite la planta). El 40% del suelo europeo, o 3,900,000 km², fue contaminado con cesio-137 en una concentración de más de cuatro mil *becquerels* (Bq)¹² por m² –cifra reconocida pero no publicada en los informes oficiales; y el 2.3% o 218 mil km², con niveles mayores a 40 mil Bq/m² (Fairlie y Summer, 2006: 8). Los primeros tres días posteriores al accidente, la radiación promedio recibida por la población de Kiev fue de 2.4 *rads*¹³ o dos mil veces los estándares permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Caldicott, 1978: 133).

¹² Un Becquerel es la unidad de medida de radioactividad equivalente a una desintegración por segundo.

¹³ Unidad radiobiológica equivalente a 0.01J/kg; abreviatura de radián. Fue originalmente definida como la dosis que causa 100 ergs (un gramo por cm² entre un segundo al cuadrado) de energía que es absorbida por un gramo de materia.

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).¹⁴ 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: territorios en Asia (como Turquía, Georgia, Armenia, Emiratos, Irán, Irak, Afganistán, Israel, China, Japón), el norte de África y América (Canadá y Estados Unidos) (Bennett, 1995; véase también: Yablokov et. al., 2009:5).¹⁵

Y si bien la composición de la diversidad de radionúclidos emitidos (Yablokov et. al., 2009:5-27) cambia conforme pasa el tiempo, dependiendo de sus vidas medias, es de advertirse que 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, se sabe que *dosis*¹⁶ 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: 36-28). Por ello es que para Caldicott (Ibíd.: 48), "...los costos humanos de la era nuclear a penas los estamos viviendo".

Se ha alegando sin embargo que no se puede establecer un causal directo entre los radionúclidos y las enfermedades. No obstante, existen diversos estudios científicos que corroboran lo contrario, por ejemplo al comparar minuciosamente los índices de mortalidad y los porcentajes de enfermedades en los países con contaminación radiactiva con otras naciones similares pero sin el factor de contaminación. Véase Yablokov et. al., 2009: 32-222. Se ha corroborado también que el porcentaje de niños sanos ha caído de manera constante. Por ejemplo, en Kiev, Ucrania, antes del accidente 90% de los niños se consideraban sanos; al día de hoy sólo lo es el 20% (Ibíd.: viii).

Pese a que es ampliamente reconocido en la medicina que ningún nivel de exposición a la radiación es seguro, la industria y su lobby insisten en que sí hay un "umbral" de exposición que lo es. Se trata de un argumento conveniente 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

¹⁴ 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).

¹⁵ Es de notarse que esos datos no figuren en el informe del Foro Chernóbil 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 Foro 2005 indican tan sólo 55 mil sievert persona (Ibidem).

¹⁶ En el lenguaje de la industria nuclear no refiere a la actual medida de radiación emitida por una fuente radioactiva sino a una compleja medición de posibles efectos biológicos que los expertos denominan como "dosis equivalente".

colocarse en el mediano y largo plazo; factor que permite disociar la *causa* del *efecto*. Ello sin embargo no significa que los efectos no existan, ni que tampoco no puedan valorarse en un cierto grado.

Las personas más afectadas por Chernóbil fueron evidentemente los habitantes de la zona circundante a la planta, mismos que fueron evacuados y reubicados (unos 100 mil). También se suman los miles de “liquidadores” que combatieron la catástrofe en la zona de exclusión así como los hijos que engendraron después de la catástrofe, y en menor medida pero no por ello menos importante, las personas que viven en los países del hemisferio norte. La información desclasificada en Rusia, después de 1986, ha permitido corroborar que el número de afectados es de al menos el doble que lo reconocido en documentos oficiales previos al año en cuestión (Yablokov et. al., 2009: viii). La industria nuclear por su parte, niega lo anterior.

El avance de investigaciones diversas se acumula, estimándose un acervo de unas 30 mil publicaciones científicas, el grueso en idiomas eslavos. Su revisión y completa valoración ha sido desestimada por parte de las autoridades internacionales que han validado fundamentalmente la limitada bibliografía en inglés (véase Tabla 1 sobre estimaciones de muertes asociadas al accidente de Chernóbil). Es así que el Informe de Foro de Chernóbil, llevado a cabo por la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2005, sólo reconoce 350 publicaciones; el grueso en Inglés. Sus estimaciones, en términos de vida y salud humana, ascienden a 62 muertes directas y unas 4 mil muertes indirectas por altas dosis de radiación (AIEA/OMS, 2005). 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 dicho 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: 11- 117).

Además hoy día se sabe que los estudios realizados al calor del accidente son limitados en varios sentidos. Por ejemplo se reconoce que los datos del primer año posterior al accidente son limitados y presentan inconsistencias, o que en general sólo se ha considerado la medición de Cesio-137 para dar cuenta de las afectaciones a la salud, pero dado que se emitieron otros radionúclidos, se puede asegurar que hoy día lo que se tiene es tan sólo una estimación limitada de las dosis efectivas acumuladas (Yablokov et. al., 2009). En los años por venir, dadas las vidas medias de los radionúclidos, el isótopo Americio-241 representará serios problemas, no obstante poco se ha avanzado en su valoración dada la mencionada especialización en el análisis del cesio-137 y, también aunque en menor medida, en el estroncio-90 (Ibíd.: 316).

Tabla 1. Estimaciones de muertes asociadas a la exposición de contaminación radiactiva por accidente de Chernóbil		
<i>Predicción / análisis</i>	<i>Número de muertes</i>	<i>Especificaciones</i>
Gofman, 1990	970,500	Estimación de exceso de cáncer fatal -a nivel mundial- por la deposición de dosis de Cesio-137 y un factor de riesgo de 0.28/Sv
AIEA/OMS, 2005	9,000	Con base en el factor de riesgo del ICRP de 0.05/Sv (estimación global)
Fairlie Summer TORCH, 2006	30,000 – 60,000	Estimación del exceso de todo tipo de cáncer fatal a nivel mundial con las suposiciones del modelo de la ICRP y en relación a dosis colectivas.
Greenpeace, 2006	93,000	Exceso de mortalidad por cáncer sólido y leucemia de 1986 a 2056 en todos los países.
Rosalie Bertell (2006) - ECRR, 2010.	899,600 – 1.78 millones	Exceso de cánceres fatales en el mundo; metodología no muy clara.
Yablokov, 2009	900,000 – 1.4 millones	Exceso de muertes en sólo 25 años. Se comparan los incrementos de muertes en poblaciones contaminadas de modo diferencial en Europa.
Chris Busby - ECRR, 2011 (con base en contaminación)	489,500	Exceso de incidencia de cáncer en 10 años dando seguimiento a la exposición con base en epidemiología de Tondel*.
Chris Busby - ECRR, 2011 (con base en dosis)	740,000 – 1.48 millones	Incidencia de cáncer en 50 años a escala global con base en el modelo de riesgo absoluto del ECRR y asunciones de fracción interna.
Chris Busby - ECRR, 2011 (con base en contaminación)	2.45 millones	Incidencia de cáncer en 50 años con base en epidemiología de Tondel*.

* Se refiere al modelo utilizado por Martin Tondel et al (2004) en sus estudios del cáncer en el norte de Suecia, mismo que concluye un aumento estadísticamente significativo del 11% en el cáncer por una contaminación de Cesio-137 de 100 kBq/m² después de Chernóbil.

Fuente: ECRR, 2011.

De cualquier modo, se ha comprobado (en *Ibíd.*: 32-222) que las mujeres, hombres, bebés y niños expuestos a diferentes cantidades de radiación, han presentado diversas enfermedades, que aunque son comunes en el resto del mundo, por el factor de contaminación se presentan con mayor frecuencia y más intensamente entre la población, y son: abortos, los niños irradiados dentro del útero o que ya habían nacido cuando sucedió el accidente presentaron bajo peso; en la población en general enfermedades crónicas, inválidos, malformaciones congénitas, cáncer, desequilibrio hormonal y del sistema inmunológico, problemas circulatorios, enfermedades del sistema nervioso, inestabilidad de la presión sanguínea, envejecimiento prematuro, alopecia, ataques al corazón, cataratas, degeneración vítrea, conjuntivitis, pérdida del oído, envejecimiento acelerado de los vasos sanguíneos incluyendo los del cerebro, problemas en el sistema linfático, anemia, enfermedades cardiovasculares, incidencia en hemorragias en recién nacidos, alta y baja presión arterial, derrames cerebrales, morbilidad del sistema circulatorio, aterosclerosis, cardiopatía isquémica.

Igualmente, Yablokov et al (2009) refieren a casos de mutaciones genéticas que afectan de distintas formas a los cromosomas (número y estructura), daños en esperma y útero; mutaciones que causan malformaciones congénitas, polimorfismo genético de proteínas, mutaciones en ADN, alergias, anemia, infecciones, cáncer de tiroides y enfermedades de la tiroides, anomalías dentales, efectos adversos en el sistema endócrino afectando páncreas, tiroides, paratiroides y glándulas adrenales. Asimismo, los mencionados autores precisan aumentos en diabetes, desequilibrio hormonal, daño o destrucción del sistema inmunológico (conocido como “SIDA de Chernóbil”), enfermedades del sistema respiratorio presentes en boca, garganta y tráquea, bronquitis, asma, daño en pulmones, vejiga, tracto urinario, disfunción eréctil, piedras en el riñón, problemas en los huesos como osteoporosis, osteopenia, fracturas, dolor, incluso niños que nacen sin huesos; morbilidad neurológica, enfermedades del sistema nervioso, fatiga crónica, disminución en la capacidad intelectual en niños irradiados, migraña, desordenes de comportamiento, desordenes neuropsiquiátricos, retraso mental, síndrome de *down*, “Demencia de Chernóbil” que incluye desordenes de la memoria y escritura, convulsiones, dolores de cabeza pulsantes causado por la destrucción de células cerebrales en adultos (*Ibíd.*).

En cuanto a cáncer, éste abarca neoplasmas y tumores malignos (cancerígenos) y benignos; leucemia linfoblástica y mieloide, cáncer de tiroides, de mama, pulmón, estómago, piel, intestinos, colon, recto, vejiga, riñón, páncreas, cerebro; tumores en hueso, tejido blando y sistema nervioso (Ibíd.).

Incluso hay nuevos términos médicos a partir de la catástrofe: “disonía vegetovascular” que es una disfunción del sistema nervioso autónomo; “Radionúclidos de larga vida incorporados” en el cuerpo y que causan patologías de los sistemas cardiovascular, nervioso, endócrino, reproductivo y otros por la acumulación de grandes cantidades de Cs-137 y Sr-90; “efecto de inhalación aguda del tracto respiratorio superior” debido a la inhalación de radionúclidos y partículas calientes; “fatiga crónica” (Ibíd.).

Las consecuencias en la salud se han esparcido por todo el mundo no sólo debido a las nubes de contaminación radioactiva inmediatamente después del accidente, sino también a la migración, fenómeno que impide que se pueda establecer una relación directa entre afectos con el accidente dada la lejanía geográfica de las personas del origen de su enfermedad.

Ahora bien, además de las consecuencias en la salud, ciertamente están las consecuencias ambientales que han sido encubiertas y minimizadas, también porque después de una catástrofe la radiación no es tangible, aunque está presente.

En el ambiente los radionúclidos se concentran en sedimentos, agua, plantas y animales; con el paso del tiempo esta contaminación se mueve por transferencia secundaria por ejemplo, el movimiento del agua (mares, ríos, lagos) lluvia, nieve y el deshielo en primavera, las plantas con raíces largas absorben radionúclidos sedimentados profundamente y los llevan de nuevo a la superficie reincorporándolos a la cadena alimenticia, los incendios provocan que los radionúclidos se esparzan cientos de kilómetros con el viento y los animales migratorios transportan a distintos lugares la contaminación.

Por lo tanto se puede decir que las dosis de radiación del accidente afectaron agua, aire y suelo y con ello todos los seres vivos a su paso: seres humanos, plantas, mamíferos, aves, anfibios, peces, invertebrados, bacterias, virus, hongos y demás microorganismos; no solo en las proximidades de la planta sino de gran parte del hemisferio norte y de forma secundaria al resto del mundo exportando alimentos y materias primas.

La flora de las zonas irradiadas presenta mutaciones genéticas, daño en el sistema inmunológico y anomalías estructurales como tumores y malformaciones; además de que aparentemente algunos genes que estaban inactivos en su largo proceso evolutivo se han reactivado (Yablokov et. al., 2009: 237-240) con implicaciones que son imposibles de predecir. En el caso de la fauna la contaminación ha dado como resultado cambios morfológicos -como deformidades-, fisiológicos y desordenes genéticos en mamíferos, aves, anfibios, peces e

invertebrados (Yablokov, 2009: 255). Los microorganismos como los de la tuberculosis, hepatitis, herpes, virus del mosaico del tabaco, citomegalovirus, micromicetos del suelo, virus, hongos, protozoarios y diversas bacterias que se contaminaron sufrieron cambios genéticos que aceleraron su reproducción y resistencia, lo que a su vez pone en el equilibrio ecológico y las relaciones de esas especies con otras, incluyendo a las plantas y los propios seres humanos (Yablokov, 2009: 281).

Por lo dicho en cuanto a consecuencias en la salud y ambientales, Chernóbil es todo un antecedente de frente al accidente de Fukushima (véase a continuación), ciertamente útil para no cometer los mismos errores pero también para mejorar el trabajo de monitoreo de radiactividad, medidas para la protección de la salud, el ambiente y el manejo local y de exportación de alimentos.

Lejos de establecerse una campaña –formal e informal- para aminorar las implicaciones del caso Fukushima, o en general de los “aspectos negativos” o “temores” sobre lo nuclear, dijera tal industria, se deberían de tomar con seriedad las siguientes medidas que según Yablokov et al. (2009: 219) son básicas para disminuir los impactos en la salud:

- Expandir los estudios médicos, biológicos y radiológicos en la zona.
- Obtener una reconstrucción de las dosis individuales, diferenciando los radionúclidos que se encuentran en el ambiente y los absorbidos por el cuerpo, además de tomar en cuenta hábitos alimenticios.
- Realizar análisis mensuales comparativos de estadísticas de salud antes y después de la catástrofe; especialmente en los primeros años después de ocurrido el accidente.

El accidente de Fukushima, más allá del caso excepcional.

Como ya es de conocimiento público, la planta japonesa tuvo problemas en los sistemas de enfriamiento de los reactores como resultado de un sismo y maremoto que afectó dicho archipiélago. El calentamiento de los reactores provocó, primero, la explosión del edificio del reactor de la unidad 1 para poco después repetirse el suceso en la unidad 3. Este último acontecimiento llevó a que se tomara la decisión de lanzar desde el aire -vía helicóptero-, ácido bórico, el cual absorbe neutrones disminuyendo el proceso de fisión nuclear. Ante la ineficacia del procedimiento se inundaron entonces los reactores con agua de mar con el objeto de enfriarlos. La decisión no fue menor ya que implicó la pérdida total de la planta debido a que la sal oxida toda la infraestructura. En su momento el hecho fue en sí mismo un indicador de la gravedad del caso. El lunes 14 de marzo se registrarían problemas serios en la unidad 2 conociéndose que el material fisionable estuvo expuesto al ambiente por horas, previo también a

su inundación. Para la madrugada del martes, hora de Japón, se registró una explosión que aparentemente rompió el contenedor de acero de la unidad 3, exponiendo el combustible. Lo más preocupante de este reactor es que el combustible que tenía cargado era MOX, una mezcla de óxidos de uranio y plutonio reprocesados y que Japón ha empleado desde hace algún tiempo para cubrir el déficit de combustible nuclear que genera su extensa industria nucleoelectrica (la cual cuenta con 18 centrales esparcidas en todo el país, con un total de 55 reactores), mezcla altamente letal en caso de inhalación de gases proveniente del MOX debido a la presencia de plutonio. Y aunque eran evidentes las potenciales implicaciones del uso de tal combustible fueron priorizados los criterios económicos y de dependencia de combustible de tal suerte que Japón pudiese operar su vasta red de plantas nucleoelectricas.

El caso Fukushima ha sido minimizado por el complejo industrial nucleoelectrico a escala internacional y México no fue la excepción. Los medios de comunicación y expertos en la materia representantes del sector dieron a conocer afirmaciones sobre lo limitado del suceso. Expertos de la Academia de Ingeniería y de la UNAM suscribieron que la energía nuclear es segura, económica, limpia y confiable, por lo que suscribir su extinción no es lo más factible. El caso de Fukushima, aseguraron "...no alcanza 10% del que produjo Chernóbil; "... el accidente nuclear no ha producido un solo muerto por radiación"; "...México tiene la capacidad, la demanda y el conocimiento para contar con más plantas nucleares seguras, sin embargo, ha faltado la decisión política" (Olivares, 2011: 37). Precisamente en ese sentido, el comisionado de Seguridad Nuclear y Salvaguardias del gobierno federal, Juan Eibenschutz, advertía la pertinencia de "...construirse más nucleoelectricas en Veracruz, Sonora y Tamaulipas" (Garduño y Méndez, 2011). Ello pese a que también reconocía que México lleva años tratando de encontrar, sin éxito, un depósito para almacenar los residuos nucleares, razón por la cual se encuentran almacenados temporalmente en las albercas de la propia central Laguna Verde. Eibenschutz agregaba: encontrar un sitio para colocar estos desechos "...es un problema que habrá que resolver" (Langner, 2011).

Otros actores, como el priista¹⁷ Guillermo Ruíz de Teresa, dieron argumentos tales como "...la sensación de riesgo para las comunidades cercanas a la planta es como la que tienen los vecinos de una colonia cuando se instala una gasolinera", esto debe entenderse entonces en el sentido de que las implicaciones, o lo que está en juego, cuando hay un accidente en una gasolinera o en una planta nuclear, son similares (Ibíd.).

Ahora bien, independientemente de lo que significó -sociológicamente hablando- la defensa del corporativo nuclear y su lobby de cabildos, la actuación de los medios de comunicación y de la corta memoria, no sólo mediática, sino histórica de buena parte de la

¹⁷ Alude a su procedencia partidaria política. PRI: Partido Revolucionario Institucional.

población¹⁸, es de precisarse de cara al escenario descrito, que las advertencias sobre el riesgo que implican las plantas nucleares, más aún en zonas sísmicas, han estado presentes desde hace tiempo. Y sin embargo se construyeron muchas de ellas en zonas cuestionables, por ejemplo, en todo Japón, país en donde convergen cuatro placas tectónicas (Euroasiática, Pacífica, Filipinas y Ojotks), rasgo que lo hace muy vulnerable tanto a terremotos como tsunamis.

El caso de Fukushima devela además errores importantes de diseño, desde el emplazamiento de edificios para los reactores de forma cuadrada, en lugar de circulares que en caso de tsunami harían que la fuerza fuese mejor absorbida; pasando por la edificación, dejando muy poco espacio entre los reactores y entre éstos y la costa; hasta la falta de toma de medidas eficientes para manejar una situación de “apagón” de largo plazo debido a la eventual pérdida de las líneas de transmisión de electricidad (tal y como sucedió en esta catástrofe). Los potenciales de riesgo asociados a un terremoto y tsunami eran sin embargo bien conocidos por la división de energía nuclear de propia empresa encargada de la planta, TEPCO, pero fueron descartados al considerarse exageradamente “academicistas” (Funabashi y Kitazawa, 2012). La comunidad internacional, incluyendo la Agencia Internacional de Energía Atómica, también había hecho señalamientos sobre el riesgo asociado a la planta nucleoelectrónica de Fukushima, mismos que fueron obviados por las autoridades correspondientes ya desde el 2008 (Ibíd.). No está demás precisar también que al momento de la crisis, los principales asesores no eran los funcionarios encargados sino expertos externos a las instituciones reguladoras del sector (Ibíd.).

En términos de operación se reconoce que guardar las varillas usadas a poca distancia del reactor (por diseño de la planta) y con poca distancia entre unas y otras (lo que permite reducir los costos de almacenaje) resulta ser un factor de incremento del riesgo potencial. Y, lo que es cierto, hizo evidente la vulnerabilidad de la energía nuclear frente a eventos climáticos extremos, develando que ésta puede ser una apuesta con un mayor riesgo.

Las reales dimensiones del accidente de Fukushima se desconocen aún y el manejo público de la información es bien restringido (tal y como lo fueron y siguen siendo en cierta medida los casos de Chernóbil y de Three Mile Island). Se cometieron muchos errores humanos, tanto de TEPCO y sus trabajadores, hasta oficiales de la Agencia de Salvaguardia Nuclear e Industrial y de la Comisión de Seguridad Nuclear (Funabashi y Kitazawa, 2012). Se suma el hecho de que mucha de la información necesaria para la toma de decisiones no estaba en su momento disponible –parte de ella lo sigue estando- o fue filtrada o manipulada por parte de oficiales japoneses o por la propia empresa TEPCO. Como lo expresó Tetsuro Fukuyama, asesor del primer ministro de Japón: “...las líneas normales de autoridad completamente se

¹⁸ Gore Vidal sugiere la frase de “Estados Unidos de Amnesia” (*United States of Amnesia*) para referirse a ese fenómeno de ausencia de memoria histórica, especialmente con respecto a la política interna y externa de EUA (Vidal, 2004).

colapsaron” (Craft, 2012). Y meses después del accidente agregaba que: “Horrorizados ni siquiera describe cómo nos sentíamos” (Ibíd.). Al respecto, el informe realizado por la Rebuild Japan Initiative Foundation, sintetiza lo ocurrido del siguiente modo: “...en Fukushima Daiichi, los problemas no eran [esencialmente con las modalidades y vacíos] de la ley o los manuales, sino más bien con los seres humanos que formularon los riesgos “anticipados”, mismos que cayeron en el entramado de deseos corporativos y políticos pero que no representaron los riesgos reales que la planta nuclear enfrentó” (Funabashi y Kitazawa, 2012). En todo caso, el grado del accidente y de lo que pudo haber sido, se aprecia mejor cuando se toma nota de que en el momento de mayor tensión, oficiales japoneses llegaron a hablar de la posibilidad de conformar un “equipo suicida” (voluntarios mayores de 65 años) para hacerse cargo del problema y que en ese momento estaba aún fuera de control. Para mayores referencias sobre el peor escenario posible en Fukushima, delineado a petición del gobierno japonés, véase el informe de la Rebuild Japan Initiative Foundation (<http://rebuildjpn.org/en/>).

Ahora bien, el accidente se resume en la fusión de los núcleos de los reactores 1, 2 y 3 y problemas con las albercas de almacenamiento de combustible gastado en las unidades 1 – 4. Las complicaciones en una unidad o reactor dificultaron la respuesta para atender la situación en las otras unidades, originando situaciones de liberación de radiación (Ibíd.). En tal sentido, hubo emisiones importantes de vapor radioactivo y se sabe que la radiación afuera de la planta Fukushima Daiichi-I llegó a índices muy elevados (en su momento se declaró de hasta seis veces por arriba del límite legalmente permitido, alcanzado los 3,130 microsiervets por hora); que la radiación dentro del cuarto de control de los reactores llegó a ser de más de mil veces que lo normal; que al usarse millones de litros de agua de mar y fresca para bajar la temperatura de los reactores, el agua saliente, con cantidades insospechadas de radiación, llegó al Pacífico siendo ése el mayor foco de contaminación emitida por la planta; que diversos alimentos se contaminaron de radiación, inclusive meses después del accidente; entre otras cuestiones.

En julio de 2011 llegaba a la prensa japonesa y del mundo la noticia de que más de 500 cabezas de reses potencialmente contaminadas de radiación habían llegado al mercado de todo el país. Un par de meses antes a tal noticia, la Unión Europea ya reconocía tal posibilidad e irónicamente aprobaba en consecuencia la resolución 297/2011 (UE Resolución 297, 2011) relativa a los niveles máximos permitidos de niveles de radiación para los productos alimenticios japoneses, mismos que eran incrementados, incluso al doble para el caso del cesio-134 y cesio-137 (Official Journal of the European Union, 2012A). Pese a ello, en abril de 2012 algunos productos japoneses importados registraban índices por arriba de los permitidos (Official Journal of the European Union, 2012B).

En EUA una iniciativa similar al parecer fue propuesta de manera interna por la Agencia para la Protección Ambiental, misma que supone aumentos importantes en los niveles de radiación presentes en los alimentos de hasta mil veces para los niveles previos de exposición al estroncio-90; de tres mil veces para el yodo-131; y 25 mil veces para el níquel-63 presente el agua para beber (Kane, 2011). En Japón también se han desplazado los máximos permitidos de niveles de contaminación, por ejemplo en lo que respecta a la presencia de cesio en el arroz y cuyo tope era de 100 Bq/kg en 2011. No obstante a partir del 28 de febrero de 2012 se permite la siembra en tierras contaminadas hasta una concentración de radiación no mayor a los 500 Bq/kg (Mainichi Daily News, 2012).

El accidente, que en un principio fue calificado de nivel 4 y que finalmente llegó a ser de nivel 7, es decir, a la par de Chernóbil, claramente está aún sin resolverse y las verdaderas consecuencias socio-ambientales, al igual que Chernóbil y otros accidentes del sector, siguen siendo en buena medida desconocidas (al menos públicamente), pero no por ello son inexistentes. Lo ejemplifica claramente la nueva estimación dada a conocer por científicos del Meteorological Research Institute de Japón quienes estiman que la cantidad de cesio liberado es más del doble de lo que se pensaba previamente. La cifra se coloca en los 40 mil billones de Bq de cesio radioactivo, sólo emitido por el reactor No.1 (Okazaki, 2012). Se cree que 30% se dispersó en tierra y 70% se vertió al mar (Ibíd.).

La estimación actual para “limpiar” y “descontaminar” la zona de la planta y alrededores se estima en cuatro décadas (Craft, 2012). A 2012 ya se ha construido una cubierta sobre el edificio del reactor 1, trabajo que se tendrá que hacer para las unidades 3 y 4. Además, se tendrá que remover el combustible usado de las albercas de almacenamiento de la unidad 4; limpiar el lugar de escombros y de demás basura irradiada; procesar y disponer la basura radioactiva de algún modo; contener el agua contaminada; entre otras acciones. El trabajo lo realizan por ahora unos tres mil “liquidadores” que en un grado u otro, aún cuando se trabaja de manera controlada, lo pagaran con su salud pues en estricto sentido médico, no hay nivel de radiación benigno. Lo que es cierto es que las implicaciones de dosis controladas tienden a gestarse en el mediano-largo plazo.

No sobra señalar que las implicaciones de los millones de litros de agua radioactiva que fueron vertidos al océano y las nubes de gases tóxicos emanados del accidente, suponen un potencial riesgo a la salud del ser humano y de otras formas de vida y, al parecer, no sólo de la zona más afectada de 50 km a la redonda.

Un estudio publicado por el *International Journal of Health Services*, de Mangano y Sherman (2012), demuestra cómo la correlación entre un aumento en las muertes y el antecedente de un accidente nuclear se repite de manera llamativa. Al igual que en 1986 de cara

al accidente de Chernóbil, el aumento de muertes en EUA -muertes en exceso o más allá de las esperadas- durante las primeras 14-25 semanas posteriores a Fukushima, fue del orden de 14 mil individuos (incluyendo 822 infantes), esto es un aumento del orden del 4.46%. En el momento del accidente de Chernóbil ese mismo dato, para EUA, se estima en 6% (Ibíd.). Es en tal sentido que se infiere que la radiación liberada por accidentes nucleares sí contribuye como factor de afectación a la salud.

Afectaciones a la salud de los trabajadores por exposición a bajas dosis de radiación y la controversia de los modelos de riesgo.

Una cuestión de alta controversia es la salud de los trabajadores del sector nucleoelectrico en tanto que las normas internacionales de protección a la radiación, es decir sobre los umbrales de exposición permisibles, se basan en supuestos que han sido cuestionados por diversos especialistas, en particular para el caso de los trabajadores que son expuestos crónicamente a radiaciones. Tal situación ha llevado a que se reconozca que, cuando menos los criterios de los modelos, y por tanto las normas, deben ser revisados.

En este contexto no es menor el hecho de que, con base en la forma de operación de la industria nuclear francesa, haya dos grandes tipologías de trabajadores: (a) aquellos que son operarios y que cuentan con una posición permanente y, (b) aquellos que realizan actividades de mantenimiento cuyo trabajo es subcontratado. Thébaud-Mony (2011) califica a los últimos como *servidumbre nuclear* en tanto que se trata de la fuerza de trabajo que realiza aquellas actividades que involucran hasta el 80% de la exposición a radiación. Lo relevante de esta precisión es que tal división del trabajo (y precarización del mismo), no permite en los hechos dar un buen seguimiento a las condiciones de salud de los trabajadores a lo largo del tiempo, además de que invalida cualquier extrapolación de los resultados de estudios realizados a los trabajadores permanentes para estimar los impactos en la salud de la *servidumbre nuclear* (Ibíd.).

Las valoraciones sobre la temática tienen varios antecedentes de peso, además del estudio antes aludido de Yablokov et al. (2009). Esencialmente se pueden mencionar tres: 1) el arresto y encarcelamiento de Yuri Bendazhevsky por “actividades que amenazan la seguridad nacional” y quien investigaba los efectos múltiples de la contaminación radioactiva de Chernóbil en la salud de los niños de Bielorrusia; 2) el establecimiento del Comité Europeo sobre Riesgos de la Radiación (ECRR) y la publicación de diversos informes, relativos a las implicaciones a la salud de Chernóbil y a los efectos de bajas dosis de radiación (véase: www.euradcom.org); 3) la realización de un estudio sobre la seguridad ocupacional de los

trabajadores de la nucleoelectrica Chinon (Francia) a petición de trabajadores nucleares sindicalizados y especialistas en salud ocupacional (léase: Thébaud-Mony, 2011). Ninguno de los estudios de Bendazhevsky, del ECRR, entre muchas publicaciones científicas¹⁹ que dan cuenta de los efectos a la salud de la radiación nuclear después de Chernóbil o dentro de las plantas en operación, no sean considerados en la literatura científica oficial y los informes de las entidades internacionales a cargo de la temática.

Los modelos oficiales de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) y que categorizan los riesgos bajo descripciones medicamente escuetas (en “aceptable”, “tolerable” e “intolerable”), se derivan de estudios realizados en las postrimerías del bombardeo nuclear a Hiroshima y Nagasaki y, según informa Thébaud-Mony (2011), se basan en tres supuestos clave:

- que los efectos de bajas dosis de radiación en la salud son directamente relevantes y pueden ser extrapolados de los efectos de altas dosis de radiación;
- que el único efecto de largo plazo de la radiación es cáncer (no se consideran efectos transgeneracionales, de herencia genética, entre otros); y
- que no hay ningún umbral de toxicidad sino más bien una relación linear “sin umbral” entre exposición a la radiación y el comienzo del cáncer.

El ECRR por su parte ha criticado la validez de tales supuestos, sugiriendo la necesidad de un nuevo modelo, uno que entre otras cuestiones considere cada tipo de exposición en términos de “la traza de la estructura” en el espacio y tiempo de la radiación en las células, una perspectiva que implica rechazar la idea de que los efectos de la radiación pueden ser extrapolados de altas dosis a bajas dosis. Para el caso de los trabajadores con mayor exposición, el ECRR considera la posibilidad de irradiación interna como resultado de la inhalación o ingesta de polvo radioactivo y que se convierte en una fuente radioactiva dentro del organismo. De lo dicho se deriva entonces que, al tomarse en cuenta tanto las irradiaciones externas como internas a las que se expone tal o cual organismo como factores relevantes causantes de cáncer, se torna necesario valorar los efectos de exposiciones cortas a todo el cuerpo y de exposiciones focalizadas por largos periodos de tiempo.

Lo argumentado por el ECRR (2010) en su crítica y propuesta de modelo es soportado con una amplia bibliografía científica, concluyendo que las posibilidades de desarrollar cáncer son mucho mayores que las que se derivan de las suposiciones del ICRP. Se sugiere entonces

¹⁹ Por ejemplo, además del ya citado artículo de Mangano y Sherman (2012), se puede mencionar el artículo de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer que sintetiza los resultados de una diversidad de estudios llevados a cabo sobre la *epidemiología después de Chernóbil* (léase: Kesminiene y Cardis, 2007). También los ya mencionados resultados de Tondel, 2004.

que las normas deberían fijar dosis de 0.1 millisivierts (mSv) para la población en general (en lugar del actual umbral fijado en 1 mSv) y de 5 mSv para los trabajadores nucleares (en lugar de 20 mSv) (Thébaud-Mony, 2011; ECRR, 2010).²⁰ Otras recomendaciones se han hecho desde la Declaración de Lesvos en Mayo de 2009 (véase: ECRR, 2010), incluyendo la necesidad de adoptar el principio precautorio por parte de las autoridades como primera consecuencia derivada del reconocimiento de las fuertes limitaciones del modelo de la ICRP.

El ECRR además precisa que, "...ha habido avances en la ciencia de laboratorio que se pueden explicar en el nuevo modelo, pero que son sin embargo imposibles de explicar bajo el añejo modelo del ICRP. Uno de ellos es el entendimiento de que los elementos de número atómico elevado, como el uranio (pero también los elementos no radiactivos como el platino, oro, etcétera) tienen la habilidad de alterar las características de absorción de los tejidos en los que están inmersos". En tanto que se ha contaminado el ambiente con grandes cantidades de uranio desde hace ya varias décadas (por accidentes así como del uso de armas de uranio empobrecido; léase Busy, 2010), es necesario, sostiene el ECRR que el modelo de riesgo ahora también incluya los efectos de la "radiación fantasma" (ECRR, 2010: 9).

El derecho humano a saber el nivel de radiación al que las diversas poblaciones están expuestas es una demanda del ECRR que va acompañada de la disponibilidad de información, correcta y libre de conflictos de interés, a cerca de todas las potenciales consecuencias de tales o cuales grados de exposición.

Lo que se puede apuntar entonces, es que pese a la falta de consenso sobre los datos epidemiológicos y las consecuencias a la salud causadas por la exposición crónica ocupacional, el modelo del ICRP es añejo y limitado. Se trata de una cuestión incluso reconocida por representantes de dicha Comisión en boca de Repussard cuando, según el *Le Figaro* (17 de Marzo de 2006) y el *Le Monde* (8 de Mayo de 2006), precisó que los experimentos con animales realizados recientemente por la Comisión efectivamente mostraban diferencias importantes entre radiaciones crónicas y radiaciones agudas (en: Thébaud-Mony, 2011).

La apuesta mexicana por la energía nuclear

En México la demanda energética ha venido aumentando muy por arriba del crecimiento poblacional: de 1980 al 2009 el consumo se duplicó, pasando así el consumo per cápita de 61.6 gigajoules a 77.7 gigajoules al año (cálculo con base en datos del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía).²¹

²⁰ Un milisievert (mSv) es una unidad de medida de la radioactividad. Un "Rem", unidad usualmente empleada en la jerga de la industria, equivale a 10 mSv. La unidad utilizada en la regulación del sector es el mSv.

²¹ Sólo de 1996 al 2008 el aumento fue de 44%. Véase: <http://sie.energia.gob.mx>

Se trata de una tendencia derrochadora puesto que cada vez los mexicanos consumimos en promedio más energía, aspecto que en realidad es asimétrico pues las desigualdades sociales siguen prácticamente impertérritas en relación a hace tres décadas. Tal consumo creciente no ha sido atacado de manera suficientemente seria con medidas y prácticas ahorradoras y, por el contrario, se ha atendido una demanda que se proyecta en el futuro cada vez mayor y por encima de las tasas de crecimiento poblacional.²²

En el caso de la energía eléctrica lo que se observa es una ampliación en la capacidad instalada en un 44% sólo de 2001 al 2009, aunque la cantidad de energía generada sólo fue de 21% (De Jong y López, 2010). El sector contribuye así con el 21% del total de emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (Ibíd.).²³

Tal sobrecapacidad responde en particular a la apertura del mercado de co-generación por parte del sector privado, mismo que hace dos décadas no participaba en tal actividad en tanto que estaba completamente restringida al Estado nacional. Con la posibilidad de autogeneración y venta de excedentes por parte del sector privado, el sector privado se adjudica hoy día 47% de la capacidad instalada a nivel nacional, resultando en una sobrecapacidad total del orden ya mencionado.

Es en este contexto entonces que se verifica una y otra vez la insistencia de aumentar la sobrecapacidad nacional de generación eléctrica mediante la instalación de más reactores nucleares.

Si bien la propuesta de incrementar el número de plantas nucleares en México data desde el propio “Plan de Expansión del Sector Eléctrico al Año 2000”, diseñado en 1980 por la extinta paraestatal Uramex y que apostaba a un potencial de 21 mil Mega watts(e) para el año 2000, el proyecto se vio afectado por el accidente de Chernóbil y por la propia desaparición de Uramex y la extranjerización del servicio de enriquecimiento y fabricación de varillas de combustible para Laguna Verde (hoy día el enriquecimiento lo hace el Departamento de Energía de EUA y el proveedor de las varillas es General Electric).²⁴

Pasado el tiempo, diluida la memoria histórica y desarticulados los movimientos sociales en contra de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde -como lo fueron el caso del “Pacto de grupos Ecologistas” y el “Grupo Antinuclear de Madres Veracruzanos” que tuvieron su momento álgido de 1988 a 1994²⁵ (véase un extenso análisis al respecto en: Campos, 2011)-,

²² Se precisa una sobre capacidad instalada al 2025 de entre 19% y 33%. El crecimiento acumulado de la población se proyecta para ese año en el orden del 11% (de 111 millones en 2010 a 123 millones de habitantes en 2025).

²³ El dato corresponde al periodo 2002 – 2011 y suma el aporte de la Comisión Federal de Electricidad y la ahora ya extinta empresa paraestatal, Luz y Fuerza del Centro.

²⁴ Para una revisión más extensa de los orígenes de la nucleoelectricidad en México, léase también: Delgado, 2009.

²⁵ En 1988 ante la inminente puesta en marcha de la central nuclear se gesta en la sociedad civil nacional una gran movilización antinuclear, preocupada por la incertidumbre y riesgo potencial del uso de esta energía y las consecuencias socioambientales en caso de un accidente como el de Chernóbil (1986) que estaba muy reciente.

la avanzada nuclear en el país hizo presencia en julio de 2006 cuando se creó el Comité de Apoyo para la toma de Decisiones en Materia Nuclear, con el objeto de que la SENER “desarrolle un programa de expansión de la capacidad nucleoelectrica en México”. Poco después, en junio de 2010, Leandro Alves, entonces director de la división de energía del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), declaraba que consideraba a México como uno de los países líderes de la región en materia de generación de energía nuclear a corto plazo (Rodríguez, 2010). Incluso, afirmó que el organismo financiero internacional estaba ya listo para apoyar y financiar a México para la creación de plantas nucleares (Ibíd.).

El accidente en Fukushima no desincentivó la apuesta nuclear en lo más mínimo en tanto que la Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2026 (Sener, 2012) retoma el asunto y lo justifica del siguiente modo: “...en materia de energía nuclear, aunque los eventos de Fukushima, Japón, generaron interrogantes sobre su uso en la generación de electricidad, la política de países como China, India, Rusia y Corea no ha cambiado, sigue considerando su expansión. En México, ésta continúa siendo una opción viable para satisfacer la creciente demanda de energía; no obstante, es importante profundizar en los estudios realizados hasta la fecha. Es importante destacar que la seguridad física de todas las plantas nucleares a nivel mundial ha sido sometida a un fuerte escrutinio. Las autoridades regulatorias, así como la industria en general, han tomado acciones para reforzar la seguridad de las plantas nucleoelectricas...” (Sener, 2012: 16).

En tal tenor, aboga por, “...elaborar estudios para determinar la viabilidad financiera, técnica, política y social, así como las implicaciones ambientales de la incorporación gradual de nuevas centrales nucleares” (Ibíd.: 57). Asimismo, por “...entrenar el recurso humano para mantener e incrementar el conocimiento nuclear” (Ibíd.: 164), y “...desarrollar un programa específico, mediante el trabajo coordinado entre la CFE, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) y la SENER, que permita decidir, y en su caso, proceder con el primer proyecto nuclear de dimensión suficiente para construirse en una ruta segura y competitiva” (Ibíd.: 57-58).

Tal propuesta es acompañada por la presentación de un escenario para el 2026 en el que se considera la construcción de 7 – 8 nucleares en el país con una capacidad instalada de 1,400 Mw cada una con el objeto de que la energía nuclear alcance una participación en la generación

La movilización antinuclear se presentó en dos niveles que convergieron y trabajaron estrechamente; a nivel nacional encabezada por el Pacto de Grupos Ecologistas (PGE) y a nivel estatal por una multiplicidad de grupos opositores, aunque el mas representativo y duradero ha sido el Grupo Antinuclear de Madres Veracruzanas (GAMV), movimiento conformado solo por mujeres y ha existido por mas de veintitrés anos durante los cuales sus acciones y formas de organización han estado siempre encaminadas a concientizar a la población de los peligros y desventajas de la energía nuclear, denunciar los malos manejos al interior de la planta, incidir en la mejora de los planes de evacuación en caso de emergencia y como fin ultimo el cierre de la misma, cosa que no han logrado aún.

bruta de energía eléctrica del 18.1%, esto es poco más que todas las energías renovables en su conjunto (Ibíd.: 66).

La viabilidad, sostiene el documento del gobierno federal con ausencia de memoria histórica y lo que en el mejor de los casos se puede calificar como de visión sesgada e incompleta, se sostiene en que: "...la energía nuclear tiene un nivel muy bajo de emisiones de GEI considerando la cadena energética, es decir, no sólo la etapa de generación eléctrica, sino también las asociadas al ciclo de combustible. Otra ventaja, en un aspecto mucho más amplio de evaluación de costos externos y asociada a daños ambientales y a la salud, es que la energía nuclear se encuentra entre las mejores alternativas de generación eléctrica" (Ibíd.: 65).

Otro escenario propuesto es lo que se denomina híbrido entre lo nuclear y la eólica. En tal caso, la apuesta es por dos centrales nucleares nuevas de 1,400 Mw cada una (o en su defecto dos unidades adicionales en Laguna Verde) y 209 parques eólicos para sumar una capacidad de 20,900 Mw.²⁶ El coctel de energías no fósiles estaría compuesto esencialmente por eólica (16.8%), hidro (9.2%) y nuclear (6.6%).

Las estimaciones económicas, asumiendo costos elevados para las energías alternativas y ningún sobre costo ni subsidios para la nuclear, evidencian la preferencia gubernamental: un escenario de sólo energía eólica costaría, sostiene el documento en cuestión, cuatro mil 117 millones de dólares anuales; uno de sólo nuclear 2,922 millones de dólares anuales y uno nuclear-eólica 3,803 millones de dólares anuales.

Los proponentes del gobierno mexicano, antes de abogar por más energía nuclear, deben antes cuando menos presentar cuentas claras y verificables sobre el costo total de construcción, mantenimiento y operación de Laguna Verde, los subsidios que ha recibido y recibe, la cantidad de energía que ha producido y la basura que ha generado, los costos de su disposición final y en general, los costos que se calculan para su eventual desmantelamiento. De este modo se podría corroborar para el caso mexicano si la energía nuclear en la práctica es tan barata como suponen todavía sus proponentes. Tal entrega de cuentas al público no se ha hecho, pero hasta donde se sabe públicamente, tampoco se ha exigido por parte de la clase política como pre-requisito para cualquier apuesta política o apertura de nuevas líneas de financiamiento al sector.

En cualquier escenario, el gobierno federal expresa la necesidad de trabajar en la aceptación social de la energía nuclear, considerando que existe una brecha en la percepción del

²⁶ Además de los planes del gobierno, ya se están poniendo en marcha proyectos eólicos privados en el país, el pasado 15 de marzo de 2012 se inauguró un parque eólico privado en Arriaga, Chiapas, desarrollado por Grupo Salinas y la empresa Dragón, con una inversión de 70 millones de dólares que cuenta con una capacidad para generar hasta 28.8 megavatios de energía eléctrica al año y que abastecerá las instalaciones del Grupo Salinas y 38 municipios más. El parque cuenta con 16 aerogeneradores, de 130m de altura y 90m de diámetro en sus palas, y se calculara que ahorrará 45,000 toneladas de gases contaminantes y ahorrará 371.5 millones de pesos al año. Véase: Sin autor, 2012; González, 2012.

riesgo por parte de los expertos informados y el público que se limita a percibir (SENER, 2012: 176). Esto es, se asume que la sociedad es ignorante y que hay que informarla y educarla para que tome la decisión correcta: la apuesta por la energía nuclear.

Lo dicho no es un asunto menor. Lo que está en juego, en el mejor de los casos, es que las generaciones futuras paguen por una apuesta nuclear que supone que éstas se hagan cargo de la gestión de cada vez más basura radioactiva, al tiempo que vivirán, como hoy día ya lo hacemos, en un planeta con creciente contaminación radioactiva, no sólo por que el combustible gastado de los reactores sigue apilándose en repositorios provisionales, sino también dado que los accidentes de diverso grado se acumulan.

Por lo pronto, según informan los medios de comunicación extranjeros, se estima que el 34% de los mexicanos sigue efectivamente sin saber si Laguna Verde es más o menos segura en comparación con otras plantas fuera del país, mientras que el 44% está convencido de que la planta mexicana es, en efecto, comparativamente más insegura (Heras, 2011). Lo anterior implica que "...9 de cada 10 mexicanos entrevistados tienen una legítima preocupación por la posibilidad de un desastre nuclear en México" (Ibid). No obstante sólo 32% expresó abiertamente que, de ser su decisión, cerrarían definitivamente Laguna Verde (Ibid). Los datos coinciden con el estudio global de IPSOS de 2012 (reconocido por la propia AIEA (2012)), el cual indica que en México 52% de la población rechaza totalmente la energía nuclear; 29% se opone parcialmente, mientras que sólo 14% expresa un apoyo parcial y un 4% un apoyo total (en: www.ipsos-mori.com/Assets/Docs/Polls/ipsos-global-advisor-nuclear-power-june-2011.pdf). Datos similares o ligeramente menores se registraron en tal estudio para Italia, Alemania, Turquía, Argentina y Brasil, mientras que datos de mayor aceptación se registraron en India, Suecia, Polonia, EUA y Reino Unido, países donde la suma de apoyo total y apoyo parcial ronda entre el 59% y el 49% (Ibid.).

A modo de reflexión final: "expertos informados" vs percepción pública.

En el discurso pro-nuclear un rasgo característico es que se suelen desconocer todas las visiones, científicas o de opinión, que cuestionan, se oponen, contradicen o que simplemente no fomentan la apuesta nuclear. En México, el diálogo genuino con la sociedad es algo prácticamente ausente y el interés de la cúpula nuclear se limita a educar al público sobre los supuestos beneficios de esta alternativa.

Es un panorama en el que concordamos con Strand cuando precisa que: "...mientras unos sugieren la necesidad de una plataforma de conocimiento estratégico sobre las percepciones del público, desde la cual se pueda actuar sobre éstas y modificarlas, otros

prefieren mantener el caso abierto independientemente de si el público tiene buenas o malas razones para estar en contra...enfaticando la necesidad de comprender y aprender a partir del análisis de las diversas perspectivas que están presentes en el debate. La mayoría tendería a coincidir, sin embargo, en que la situación actual de desconfianza entre el público y el *establishment* tecnológico es altamente indeseable y costosa” (Strand en: Foladori e Invernizzi, 2006: 53-54).

El papel y la participación del “gran público” es pues crucial e inevitable, aunque desde luego en el proceso se requiere, entre otros aspectos y tal y como sugiere Wynne (en Rip et al, 1995), de una distinción entre conocimiento real del riesgo y percepciones subjetivas, no sólo en el caso de “la agenda” del público en general, sino las de todos los grupos y subgrupos que componen el tejido de hombres y mujeres de ciencia.

Un proceso racional de evaluación tecnológica tendría que examinar todos los intereses y agendas ocultas que se esconden detrás de aseveraciones específicas y de los contraargumentos; no obstante las instituciones responsables están muy ocupadas tratando de esconder sus propias agendas [o intereses]” (Wynne, 2011: xxii). Justo por ello, resulta claro a decir de Caldicott que, “...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 a abiertamente cuestionar, debatir y definir socialmente el futuro de la actual apuesta atómica en México y en otras latitudes es, hoy por hoy, pertinente y necesario. La figura del referéndum implementada en 2011 en Italia y que definiera el rechazo a la energía nuclear puede ser una medida de carácter vinculante ha implementar en nuestro país y otras latitudes. Si la energía nuclear es genuinamente benéfica, que las partes se expresen, que se debata y que el pueblo en su conjunto decida pues los eventuales costos o beneficios potencialmente los viviremos o sufriremos todos, incluyendo los propios proponentes y trabajadores de la industria nuclear.

La definición sobre una apuesta nuclear o no nuclear debe entonces ser bajo consenso social, una modalidad que la industria nuclear rechaza y que por el contrario pretende dejar exclusivamente en las manos de los “expertos nucleares”. Y aunque en efecto muchos aspectos técnicos requieren de un input importante de los expertos, ello no implica en ningún momento que el resto de actores no tengan nada valioso que decir, más cuando lo que está en juego lo incumbe directamente. Y es que, parafraseando a Funtowicz y Ravetz (2000) y a Wickson (2011), otra forma de enfocar las discusiones más allá de la visión convencional de los expertos, sería la de estructurar el diálogo social en torno a valores fundamentales más allá de una

tecnología puntual, ello por ejemplo preguntando a las personas qué es importante para ellas, qué consideran que es ‘la buena vida’, cómo comprenden el ‘progreso’, qué tipo de futuro les gustaría vivir, entre otras cuestiones, y que desde tal planteamiento, visiones y valores, consideren la deseabilidad y el rol potencial de la tecnología nuclear. Tal enfoque coloca prioritariamente las metas sociales y los valores éticos, antes que a las tecnologías per se. Justo lo contrario sucede cuando se pretende tomar una decisión desde un grupo exclusivo y en un contexto de modelación de la opinión pública; dado que las metas sociales y los valores éticos no corresponden mera y únicamente a una élite de expertos sino a la sociedad en general.

Bibliografía

- AIE – Agencia Internacional de Energía (2012). *World Energy Outlook 2011*. Paris, Francia.
- AIE - Agencia Internacional de Energía (2010) *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency. Paris, Francia.
- AIEA – Agencia Internacional de Energía Atómica (2010) *Nuclear Technology Review 2010*. Viena, Austria.
- AIEA - Agencia Internacional de Energía Atómica (2012). International Status and Prospects for Nuclear Power 2012. En: www.iaea.org/About/Policy/GC/GC56/GC56InfDocuments/English/gc56inf-6_en.pdf
- AIEA/OMS – Organización Mundial de Salud (2005). Chernobyl’s Legacy: health, environmental and socioeconomic impacts. The Chernobyl Forum: 2003- 2005. Disponible en: www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf
- Alexievich, Svetlana (2006). *Chernobyl. The Oral History of Nuclear Disaster*. Picador. Nueva York, EUA.
- Bennett, B (1995) “*Exposures from Worldwide Releases of Radionuclides*”. Proceedings of an International Atomic Energy Agency Symposium on the Environmental Impact of Radioactive Releases. IAEA-SM-339/185. Viena.
- Blázquez, Susana (2011) “*La energía nuclear es esencial para la seguridad energética*”. El País, 10 de julio.
- BP – British Petroleum (2012). BP Statistical Review of World Energy. Junio de 2012. En: www.bp.com
- Bertell R (2006) “First assessment of the actual deaths toll attributable to the Chernobyl accident” en: Busby, Chris y Yablokov, Alexey (editores). *Chernobyl 20 years On Brussels*. Green Audit Books, Aberystwyth.
- Busy, Chris (2010). *The health effects of exposure to uranium and uranium weapons fallout*. Documents of the European Committee on Radiation Risk No. 2. Bruselas, Bélgica. En: www.euradcom.org/publications/ecrruraniumrept.pdf
- Caldicott, Helen (1978). *Nuclear Madness*. Norton. Nueva York, EUA.
- Campos Chávez, Leslie Cristina (2011) “*Nuevos movimientos sociales: el caso del Grupo Antinuclear de Madres Veracruzanas, un movimiento ambientalista*”. Tesis de licenciatura en Sociología. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales-UNAM. México.
- Cemex (2010). *Informe de Desarrollo Sustentable 2010*. Nuevo León, México.
- Craft, Lucy (2012) “*Report: Gov’t “collapsed” during Japan nuke crisis*”. CBS News. 27 de Febrero. En: www.cbsnews.com/8301-18563_162-57386266/report-govt-collapsed-during-japan-nuke-crisis

- Delgado Ramos, Gian Carlo (2009). *Sin Energía. Cambio de paradigma, retos y resistencias*. Plaza y Valdés. México.
- De Jong, Felke y López Alma (2010). “Cambio climático: las dos caras de la moneda para los mexicanos.” *CNN México*. México, 24 de Noviembre.
- ECRR – European Committee on Radiation Risk (2010) (Busby et al, editores). *ECRR 2010 Recommendations of the European Committee on Radiation Risk. The health effects of exposure to low doses of ionizing radiation*. Bruselas, Bélgica.
- ECRR - European Committee on Radiation Risk (2011) (Busby, Chris, autor). *Predicting the global health consequences of the Chernobyl accident. Methodology of the European Committee on Radiation Risk*. Green Audit. Aberystwyth. 24 de Abril. En: www.euradcom.org/2011/chernhealthrept3.pdf
- Fairlie, Ian y Summer, David (2006). “The other report on Chernobyl (TORCH)”. The Greens- EFA in the European Parliament. Berlín/Bruselas/Kiev.
- Folkers, Cindy (2004) “Nuclear Production Tax Credits and the Energy Bill”. Nuclear Information and Resource Service. Washington, D.C., EUA. En: www.nirs.org/factsheets/productiontaxcredits.htm
- Funabashi, Yoichi y Kitazawa, Kay (2012). “Fukushima in review: A complex disaster a disastrous response. *Bulletin of the Atomic Scientists*. Sage. Marzo.
- Funtowicz, Silvio y Ravetz, Jerome (1990). *Uncertainty and Quality in Science Policy*. Kluwer Academic. Londres, Reino Unido.
- Funtowicz, S y Ravetz, J. (2000) “La ciencia posnormal. Ciencia con la gente”. Icaria Antrazyt. Barcelona, España.
- Funtowicz, Silvio y Strand, Roger (2007). “De la demostración experta al diálogo participativo”. *Revista CTS*. No. 8. Vol. 3. Abril. Pag. 97 -113.
- Garduño, Roberto y Méndez, Enrique (2011) “La seguridad a 100 por ciento no existe en las plantas nucleares: Eibenschutz”. La Jornada, 25 de mayo, en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/05/25/politica/016n1pol>
- Gofman, John (1990). *Radiation-induced cancer from low-dose exposure. An independent analysis*. Committee Nuclear Responsibility. EUA. Disponible en: www.ratical.org/radiation/CNR/RIC/contentsF.html
- González, Nayeli (2012) “Chiapas: en marcha, primer parque eólico privado”. Milenio, 15 de marzo, en: <http://impreso.milenio.com/node/9129657>
- Greenpeace (2006) (editores: A Yablokov, I Labunska, I Blokov). *The Chernobyl Catastrophe: Consequences on Human Health*. Greenpeace Amsterdam, Holanda.
- Heras, María de los Ángeles (2011). “Los mexicanos no confían en su central nuclear”. *El País*. España. 21 de Marzo.
- IPCC - Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (2007) *AR4-Climate Change 2007 The Physical Science Basis*. Cambridge, Reino Unido-Nueva York, Estados Unidos
- Kane, Michael. (2011) “EPA plans to boost radioactivity safety limits up to 100,000-fold increase”. 28 de marzo, en: <http://coto2.wordpress.com/2011/03/28/epa-to-increase-radioactivity-safety-limits/>
- Kesminiene, Ausrele y Cardis, Elisabeth (2007) “L’épidemiologie de l’après-Tchernobyl.” *Bulletin du Cancer*. Vol. 94. No. 5. Pp. 423 -430.
- Kuhn, Thomas (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago University Press, 2nd ed. EUA.
- Landau, Bure (2011) “Europe elaborates plan for labyrinths of nuclear waste”. International Herald Tribune. EUA, 3 de Junio, pp. IV.
- Langner, Ana (2011) “Energía nuclear, opción para sustituir al crudo: Eibenschutz”. *El Economista*, 18 de Mayo, en: <http://eleconomista.com.mx/sociedad/2011/05/18/energia-nuclear-opcion-sustituir-crudo>

- Lapp, David (1993) “*The Price of power Atomic Energy’s Free Ride*”. Multinational Monitor. Enero. Washington, D.C., EUA. En: www.ratical.org/radiation/mmAtomFreeR.html
- Lewis, Judith. “The Nuclear Option”. *Mother Jones*. EUA, mayo-junio de 2008.
- [Mainichi Daily News \(2012\) “Worries continue over cesium-tainted rice as gov’t softens contamination cap”. The Mainichi Daily News. Japón, 1 de marzo. En: http://mdn.mainichi.jp/mdnnews/news/20120301p2a00m0na007000c.html](http://mdn.mainichi.jp/mdnnews/news/20120301p2a00m0na007000c.html)
- Makhijani, A y Saleska, S (1996) “*The Nuclear Power Deception: US Nuclear Mythology from Electricity ‘Too Cheap to Meter’ to ‘Inherently Safe’ Reactors*”. Institute for Energy and Environmental Research, Tacoma, MD.
- Mangano, Joseph y Sherman Janette (2012) “*An unexpected mortality increase in the United States follows arrival of the radioactive plume from Fukushima: is there a correlation?*” International Journal of Health Services. Vol. 42. No. 1. Baywood Publishing: 47 -64. En: www.radiation.org/reading/pubs/HS42_1F.pdf
- Moran, Robert (2011) “*Site-specific Assessment of the Proposed Uranium Mining and Milling Project at Coles Hill, Pittsylvania County, VA.*” Michael-Moran Assoc., LLC. Colorado, EUA.
- *Nuclear Waste Fund Relief and Rebate Act S.2176* (2012), en: <http://www.opencongress.org/bill/112-s2176/text>
- Official Journal of the European Union (2012A). Commission Implementing Regulation No. 561/2011. 25 de Marzo. En: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:080:0005:0008:EN:PDF>
- Official Journal of the European Union (2012B). Commission Implementing Regulation No. 561/2012. 27 de Junio En: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/emergencypreparedness/2012_6_27_leg.pdf
- Okazaki, Akiko (2012) “*Scientists: far more cesium released than previously believed*”. The Asahi Shimbun. Japón. En: <http://ajw.asahi.com/article/0311disaster/fukushima/AJ201202290025>
- Olivares Alonso, Emir (2011) “*Aseguran expertos que la energía nuclear es segura y confiable*”. La Jornada, 27 de abril, p. 37; en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/04/27/sociedad/037n1soc>
- Ravetz, Jerome (1971). *Scientific Knowledge and its Social Problems*. Oxford University Press. New York, EUA.
- Rainwater van Suntum, Lisa. “Spinning Nuclear Power into Green”. First Quarter 2005. *PR Watch Newsletter*. Vol. 12. No.1. EUA, 2005. En: www.prwatch.org/prwissues/2005Q1/nuke2.html
- Ren21 (2012). *Renewables 2012. Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris, Francia.
- Reville, William (2006) “*Perceptions of the health impact of Chernobyl*”. Journal of Radiological Protection. No. 26. EUA.
- Rip, Arie., Misa, Thomas., y Schot, Johan (1995) “*Managing Technology in society. The approach of Constructive Technology Assessment*”. Pinter. Londres, Reino Unido.
- Rodríguez Munguía, Luis (2010) “*Energía nuclear sobre la mesa*”. Revista Expansión. México. Disponible en: www.cnnexpansion.com/las-500-de-expansion/2010/06/28/energia-nuclear-sobre-la-mesa
- Sin autor. (2012) “*Con apoyo de Grupo Salinas inauguran en Chiapas el primer parque eólico*”. La Jornada. 16 de marzo, p. 30, en: <http://www.jornada.unam.mx/2012/03/16/economia/030n4eco>
- SENER – Secretaría de Energía (2012) “*Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2026*”, en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf

- Sovacool, Benjamin K (2008) “*Valuing the Green gas emissions from nuclear power: a critical survey*”. Energy Policy. Vol. 36. Elsevier. Pp. 2940 – 2953.
- Strand, Roger (2006). “Estudios ELSA en nanociencia y nanotecnología: una observación metodológica”, en: Foladori, Guillermo e Invernizzi, Noela (coord) *Nanotecnologías Disruptivas. Impactos Sociales de las Nanotecnologías*. Porrúa. México. Pp. 53 – 64.
- Thébaud-Mony, Annie (2011). *Nuclear Servitud. Subcontracting and health in the French Civil Nuclear Industry*. Baywood Publishing, Co. Nueva York, EUA.
- Tondel, Martin et al (2004). “Increase of regional total cancer incidence in north Sweden due to the Chernobyl accident? *Journal of Epidemiology & Community Health*. Vol. 58. No. 12. Pp. 1011-1016.
- Vidal, Gore (2004). *Imperial America: Reflections on the United States of Amnesia*. Nation Books. EUA.
- Wickson, F. (2011) “*Gobernanza nanotecnológica: por qué no podemos confiar en evaluaciones de riesgo científicas*”. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología. nanoUNAM. México.
- Willem, Jan y Van Leeuwen, Storm (2006) “*Energy Security and Uranium Reserves*”. Oxford Research Group. Reino Unido, Julio.
- WNA - World Nuclear Association (2011) Base de datos en: <http://www.world-nuclear.org/info/uprod.html>
- Wynne, Brian (2011) “*Rationality and Ritual. Participation and exclusion in nuclear decision-making*”. Earthscan. Londres, Reino Unido.
- Yablokov, Alexey V.; Nesterenko Vassily B.; Nesterenko Alexey V., (2009) “*Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment*”. The New York Academy of Sciences, Boston, EUA.