

## ACERCA DEL TEMA DE LA SEGURIDAD NUCLEAR

Escribe: Hugo E. Contreras Morales\*

Los eventos telúricos suscitados en el Japón, responsables de la muerte de decenas de miles de personas y, además, del accidente nuclear más grave desde Chernobyl, vuelven a traer al debate el tema de la seguridad de la industria nuclear en el mundo y la de los productos y desechos generados por ella. El tema es particularmente sensible dado que, los beneficios que la exploración y explotación comercial del átomo ofrecen deben de ser contrastados con los peligros que un mal empleo de estos conocimientos puede ocasionar, sea por impericia, imprudencia, negligencia, o la conciencia y voluntad de hacer uso de materiales, residuos e instalaciones con el propósito de causar daño. El presente artículo, ampliatorio de una anterior investigación efectuada por el suscrito analizará la naturaleza de esta modalidad de energía. Para el efecto y, con propósitos ilustrativos, se ensayarán definiciones sobre radiación y radioactividad, sobre que cosa es una fisión, que una fusión nuclear, sobre que es un reactor nuclear, y que la fusión del núcleo de un reactor, para seguidamente explicar los efectos en los seres vivos de la llamada radiación contaminante. Asimismo, se efectuarán algunas aproximaciones acerca del diseño de las plantas nucleares en el mundo, sobre el porqué de ellas y si existían alternativas diferentes (en términos de menores riesgos y contaminaciones), para seguidamente repasar el estado de los materiales desechados y sus potencialidades nocivas sobre la población y las seguridades adoptadas por la industria o los gobiernos.

### RADIACION Y RADIOACTIVIDAD

La “radiación” es un modo de propagación de la energía a través del espacio, de forma análoga a la luz. La radiación, propiamente dicha, se refiere a la energía transportada por ondas electromagnéticas (radiación electromagnética). No obstante, se utiliza esta expresión también para referirse al movimiento de partículas a gran velocidad en el medio, con apreciable transporte de energía, lo que recibe el nombre de radiación corpuscular.

En 1896 el físico francés Henri Becquerel descubrió accidentalmente una nueva propiedad de la materia a la que posteriormente se denominó radioactividad. Becquerel, mientras efectuaba investigaciones sobre fluorescencia comprobó que, al colocar sales de uranio sobre una placa fotográfica en una zona oscura, dichas placas envueltas en papel negro terminaban velándose. Hizo ensayos con el mineral uranio en caliente, en frío, pulverizado, disuelto en ácidos para finalmente comprobar que la intensidad de la misteriosa “radiación” era siempre la misma, concluyendo que la nueva propiedad descubierta radicaba en el interior mismo de los átomos del uranio.

El estudio del nuevo fenómeno y su desarrollo posterior se debe casi exclusivamente a los esposos Pierre y Marie Curie, quienes encontraron otras sustancias radioactivas como el torio, el polonio y el radio. Radioactividad es también como comúnmente se denomina a la energía nuclear (como la usada en la medicina) y que consiste en que algunos átomos de uranio, radio y torio, al ser "inestables", pierden constantemente lo que los físicos llaman partículas alfa, beta y gamma (los rayos X). La radioactividad puede ser natural, cuando la manifiestan los isótopos que se encuentran en la naturaleza y, es artificial, cuando es provocada por transformaciones nucleares provocadas.

#### FISION Y FUSION NUCLEAR, REACTOR NUCLEAR, FUSIÓN DEL NÚCLEO, "SINDROME DE CHINA".

Fisión es un proceso físico que ocurre cuando el núcleo se parte en dos o más núcleos pequeños, más algunos subproductos. Estos subproductos incluyen los neutrones libres y la emisión de fotones (generalmente rayos gamma), lo que supone la liberación de cantidades substanciales de energía. Este proceso genera mucha más energía que la que se libera en las reacciones químicas; la energía resultante de este proceso se emite también en su forma cinética (energía del movimiento). Los productos de la fisión son, por lo general, altamente radioactivos.

La fusión nuclear es el proceso mediante el cual dos núcleos atómicos se unen para formar uno de mayor peso atómico. El nuevo núcleo tiene una masa inferior a la suma de las masas de los dos núcleos que se han fusionado para formarlo. Esta diferencia de masa es liberada en forma de energía .

Un reactor nuclear es aquella instalación en la que se "inicia, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena. Hay dos tipos: el reactor (nuclear) de agua a presión, que es un reactor refrigerado con agua natural a una presión superior a la de saturación, para impedir la ebullición; y el reactor de agua en ebullición, que es un reactor refrigerado con agua natural, que se hace hervir en el núcleo en una cantidad considerable" .

La fusión del núcleo es un daño grave del núcleo de un reactor debido a un sobrecalentamiento. La fusión del núcleo se produce cuando un fallo grave impide la adecuada refrigeración del núcleo del reactor. Sin esa refrigeración, los soportes que contienen el combustible nuclear se recalientan hasta llegar a derretirse. Tal situación supone un gran peligro dado que existe el riesgo de que el material radioactivo (el combustible nuclear) sea liberado a la atmósfera. Asimismo, la fusión del núcleo hace al reactor inestable hasta que sea reparado.

El síndrome de China es una hipótesis extrema de la fusión de un reactor nuclear , en la cual el material fundido resultante del mismo atraviesa la barrera de hormigón o cemento debajo de

él y fluye fuera del edificio que lo contiene. El origen de la frase está relacionado con el concepto de que el material radioactivo fundido de un reactor nuclear estadounidense que sufriese semejante accidente podría hipotéticamente atravesar la corteza de la Tierra y alcanzar las antípodas de los Estados Unidos, popularmente asociadas a la China.

## EL ENVENENAMIENTO POR RADIACIÓN

Es preciso entender cuales son las consecuencias que acarrea la exposición de los seres humanos a materiales radioactivos. Para tal efecto es que estimo conveniente presentar algunos ejemplos ilustrativos sobre los daños que podría acarrear en las personas ese tipo de contaminación.

### El caso de Jackson McVey

El 13 de marzo de 1957, Jackson McVey, un técnico de un laboratorio nuclear en Houston, Texas, Estados Unidos, se vio sometido a los efectos radioactivos de cápsulas de radioisótopos (conteniendo iridio 192) quebradas inexplicablemente mientras eran manipuladas por éste. Las cápsulas habían sido previamente irradiadas en la central nuclear estadounidense de Idaho Falls, operada por la Phillips Petroleum Company bajo licencia de la Comisión de Energía Nuclear de los Estados Unidos, y debían ser usadas en un proyector de rayos gamma que, bajo el mismo principio que las radiografías de rayos X, estaba destinado a comprobar fisuras en tuberías soldadas para fines industriales. McVey trabajaba para la M.W. Kellogg Company, firma fabricante del instrumento óptico que usaba los radioisótopos antes mencionados.

La contaminación radioactiva, al quebrarse las cápsulas que McVey manipulaba, sobrepasó la celda de plomo y cristal donde se alojaba el material nuclear, desataron las alarmas de radioactividad de la celda y, luego, las de todo el laboratorio. El laboratorista McVey destinó varios minutos a guardar el resto del material nuclear que manipulaba en sus contenedores especiales, tras lo cual se despojó del guardapolvo, máscara y guantes que usaba para su trabajo. Tras una ducha rápida con agua caliente, se puso su ropa de calle y cerró el laboratorio para el proceso de descontaminación de rigor. En el laboratorio se encontraba también, al momento del accidente nuclear, H.E. Northway, el gerente de la M.W. Kellogg Company en Texas.

El accidente nuclear en Texas afectó a McVey, a su esposa e hija (de entonces 13 años), así como también a la mascota canina de la familia, creándoles síntomas de fatiga, náuseas, vómitos, y llagas en su piel. El gerente Northway se vio contaminado también, pero en

proporciones menores a las generadas en McVey y familia. La casa y utensilios personales del laboratorista también estuvieron contaminados.

El caso fue judicializado y, en dos instancias, se concluyó que la contaminación en McVey no se debió solamente al suceso del 13 de febrero de 1957, sino a las posteriores concurrencias del citado a su centro de labor, donde los procedimientos de descontaminación no fueron lo suficientemente acertados. Los Estados Unidos comenzaron a conocer, a través del gran despliegue mediático dispensado a este caso, los peligros que la industria nuclear encerraba, más allá de sus potenciales beneficios.

### El Caso Goiania

En 1987, en la ciudad brasileña de Goiania, dos trabajadores del negocio de la chatarra ingresaron furtivamente a una clínica que se encontraba en proceso de ampliación y refacción y sustrajeron de su interior una vieja máquina de radioterapia. Al desmontar el aparato, los chatarreros descubrieron unos polvos azulados que emitían una preciosa luminosidad iridiscente, material que mostraron indiscriminadamente a familiares y amigos (empleando el polvillo, incluso, en la celebración del cumpleaños de una de las hijas de los trabajadores). Ese polvillo azulado y luminoso resultó ser cesio 137, un isótopo empleado para el tratamiento de ciertos tipos de tumores. En el área donde la máquina de radioterapia fue desmontada vivían unas 5000 personas, de las cuáles 600 fueron víctimas de algún grado de radiación excesiva. De esas 600 personas, sólo 102 tuvieron contacto directo con el cesio 137 liberado tras desmontarse la máquina y ser mostrado el luminoso polvillo azulado. Cuatro personas (incluidos los dos trabajadores que robaron y desmontaron la máquina) fallecieron como consecuencia de la exposición al cesio 137, otras 4 fallecerían años después por efecto del envenenamiento por radiación en lo que se considera el peor accidente nuclear ocurrido en el Brasil.

### Contaminación por liberación de materiales de una central nuclear

Que los materiales radioactivos de centrales nucleares o sus pozas de desechos sean librados, por accidentes o atentados terroristas, representarían enormes niveles de contaminación. Este es uno de los escenarios más temidos por los aparatos de seguridad de aquellos países donde existen instalaciones que manipulan tales materiales radioactivos.

Conforme el especialista estadounidense Steve Daniels, médico y vocero de la "Nuclear Age Peace Foundation", las pozas de almacenaje del combustible nuclear ya usado en un reactor,

contienen entre 5 a 10 veces la radioactividad existente en el núcleo. Una sola poza de almacenaje de ese combustible nuclear ya usado contiene más Cesio 137 que el liberado por la totalidad de detonaciones nucleares ocurridas en el hemisferio norte (isótopo cuyo promedio de permanencia es de de 30 años). Si, en el caso de un escenario terrorista, a una de las señaladas pozas se le hiciera detonar con explosivos convencionales, el incendio que se produciría por los materiales radioactivos almacenados podría durar años, siendo virtualmente inextinguible. El experto considera también que los expuestos a la radiación liberada por un atentado en una de las pozas de almacenaje de combustible usado en una central nuclear inevitablemente perecerían en cuestión de días, siendo más pesimista aún respecto de los posibles tratamientos a ser administrados a los sobrevivientes al ataque.

De acuerdo al citado experto, solamente existen dos formas de proteger a las personas de los perniciosos efectos de una contaminación:

- i) Guarecerse en un refugio, en prevención de la contaminación de las partículas radioactivas liberadas y esparcidas por los vientos o las lluvias (entre dos a 7 ó 10 días, solamente autorizándose la salida en caso las lecturas de radiación de los exteriores sean menores y manejables),
- ii) Ingestión de cápsulas o soluciones de potasio de yodo, dentro de las 4 primeras horas de la exposición, orientado a prevenir que las glándulas tiroides absorban los materiales radioactivos del aire.

El profesor Daniels imagina también el escenario de personas expuestas a explosiones causadas por artefactos convencionales liberadores de materiales radioactivos (en el caso de las denominadas “bombas sucias”), o de explosiones accidentales o intencionales ocurridas en depósitos con materiales radioactivos (como los que se almacenan en el núcleo de un reactor o en los lugares con combustible desechado). En esos casos, las personas deberían ser tratadas con los cuidados propios de las víctimas de explosiones convencionales, pero debería ponerse especial acento en las medidas de protección para los socorristas y los equipos e instalaciones manipuladas para el rescate.

Daniels pronostica que los materiales radioactivos liberados deberían causar la muerte de las víctimas de la explosión en pocos días y que los solamente afectados por la contaminación sufrirían un rango de enfermedades en síntomas que pueden agruparse de la siguiente manera:

- i) Los expuestos hasta 3000 rads de radiación, sufrirán efectos en sus sistemas cardiovasculares y nervioso central, desarrollando inmediatamente náuseas, vómitos, y dolores

de cabeza, convulsiones, shocks y la muerte. Para estos casos de exposición no existe un tratamiento efectivo.

ii) Para los expuestos a 1000 a 3000 rads sufrirán daños en su sistema digestivo (con náuseas, vómitos, diarreas) que, tras un breve período de alivio, los síntomas volverán a presentarse de manera más intensa hasta causar la muerte. Tampoco existe un tratamiento efectivo para la contaminación a esos niveles.

iii) Los expuestos a contaminación de entre 200 a 1000 rads sufrirán la destrucción de su médula espinal. Morirán si no reciben un urgente trasplante de médula (procedimiento muy complejo y no exento de extremos preparativos, cuidados y precauciones, que no siempre pueden procurarse en casos de emergencia o en la mayoría de hospitales en los Estados Unidos)

Ataque con una “bomba sucia”

Una “bomba sucia” consiste en un explosivo convencional (por ejemplo, dinamita), adherido a un recipiente de sustancia radioactiva con el fin de que, cuando explote, los isótopos contaminantes se dispersen en el ambiente. Su capacidad destructora inicial no es mucho mayor que la del explosivo convencional que contiene. Sin embargo sus efectos ulteriores si suscitan la preocupación de los expertos.

Como anota el español Guillermo Sánchez: “La posibilidad de adquirir isótopos radiactivos no es demasiado complicada; desde luego, mucho menor que obtener el material necesario para fabricar una bomba atómica (...) Los isótopos radiactivos se emplean en hospitales (unidades de oncología, análisis, etcétera), industria (inspección de soldaduras, medida de espesores) y en la industria nuclear. Curiosamente, en contra de la percepción popular, la radiactividad por unidad de masa (técnicamente llamada actividad específica o actividad másica) es muy superior para los isótopos aplicados en medicina o en la industria convencional que los típicos de la industria nuclear (...) Por ejemplo: es claro que la radiactividad del yodo 131 (usado en medicina) o el cesio 137 (utilizado en la industria convencional) es muy superior a la de los isótopos del uranio o del plutonio, relacionados con la industria nuclear.”

Aunque la mayoría de expertos reconocen que quizá los efectos contaminantes de un artefacto de este tipo pudieran ser más psicológicos que reales, los daños que este tipo de ingenios ocasionarían podrían durar días, meses o hasta años enteros.

## LOS PELIGROS QUE ENCIERRA UNA CENTRAL NUCLEAR

Los recientes sucesos en la central nuclear de Fukushima, en el Japón, y la hasta ahora incontenible liberación de materiales radioactivos a la atmósfera, la tierra y el agua, nos lleva a la reflexión sobre los peligros que una central nuclear encierra y que residen en su diseño y materiales empleados para la generación de energía, pasando por los desechos nucleares y la forma como éstos son almacenados.

### Las Centrales Nucleares “Contemporáneas”

Las plantas nucleares contemporáneas, diseñadas a partir de la década del 70, responden a modelos provenientes de las épocas aurales de la investigación y desarrollo atómico (años 40 y 50 del pasado siglo XX). Estos diseños no apostaron por su funcionalidad o seguridad, sino por la lógica militar que impulsó los descubrimientos en materia atómica. De acuerdo con el experto Reese Palley, el propósito de estas plantas era el generar combustible nuclear suficiente para la producción de bombas atómicas (se generaba más plutonio que el necesario para desarrollar energía o radioisótopos para fines industriales o médicos). De acuerdo con el citado experto, no se ha abandonado el diseño de las actuales plantas nucleares debido a razones monetarias o de tiempo para poder poner en práctica nuevas tecnologías, más seguras, que Palley asegura que existen.

En los años 50 del pasado siglo XX, el físico Edward Teller efectuó investigaciones orientadas a eliminar los costosos, lentos y riesgosos reactores, a fin de sustituirlos por plantas nucleares más seguras, capaces de operar con mínimas precauciones. Sin embargo, su proyecto terminó encarpetado debido a que el mismo fallaba en proveer de “plutonio suficiente” para fabricar más bombas atómicas.

La permanencia de las actuales centrales nucleares, más allá del asunto monetario o de tiempo para introducir las “nuevas tecnologías”, obedece a que se cree que ellas son seguras en cuanto a su diseño, aunque se omite decir “siempre que los sistemas de ‘back up’ funcionen” (que nada altere el funcionamiento del circuito de refrigeración exterior, el circuito primario de refrigeración, el circuito secundario de refrigeración, y permanezcan, escalonadamente indemnes, el reactor, la vasija, la vaina y barra de combustible ). Según el profesor Palley, esa seguridad de diseño no equivale a decir que las centrales nucleares contemporáneas son intrínsecamente seguras. Los sucesos de la Isla de las Tres Millas y los de Fukushima respaldan la aseveración que “seguridad de diseño” no es lo mismo que “intrínsecamente seguras”.

La tecnología nuclear alternativa, mencionada por Palley y que se remonta a los trabajos de Edward Teller, consiste en que las plantas atómicas están diseñadas para nunca sobrepasar elevadas temperaturas que las hagan depender de sistemas de enfriamiento exteriores. En el caso de Fukushima todos los sistemas de enfriamiento exteriores colapsaron tras el terremoto con tsunami acontecido y nada pudo detener la temperatura del núcleo de una central susceptible de alcanzar elevadas temperaturas, o la adecuada protección de los desechos nucleares generados por la planta. El costo de una central nuclear “intrínsecamente segura” es que la generación de energía no sería tan elevada como una de diseño antiguo (reactores de cien megavatios más seguros y no susceptibles de recalentamientos, en vez de colosos de 1000 megavatios por reactor pero altamente inseguros).

### Los Desechos Nucleares

La crisis nuclear en el Japón ha sido generada no sólo por el sobrecalentamiento de los reactores de las plantas de Fukushima, sino que también se debería a la ausencia de refrigeración en los depósitos de los desechos nucleares. Esto último ha llevado a los observadores a preguntarse sobre la delicada situación de miles de toneladas de desechos nucleares generadas en el mundo.

Una reciente investigación de The Associated Press concluyó que, sólo en los Estados Unidos, se almacenan, de manera provisional, en más de treinta estados de la Unión, 71, 872 toneladas de desechos radioactivos, cuya peligrosidad se extendería por decenas de miles de años en el tiempo. Los planes para depositar esos desechos, de manera permanente, en el Monte Yucca, en Nevada, han sido abandonados por cuestiones presupuestales.  $\frac{3}{4}$  partes de los desechos estadounidenses se almacenan, temporalmente, en piscinas de agua enfriadas (el mismo sistema como el empleado en Fukushima que, al fallar, liberó materiales tóxicos al medio ambiente). Esas piscinas albergarían 4 veces la capacidad de almacenaje de esos lugares. El resto de los materiales radioactivos norteamericanos se encuentran depositados en urnas secas, cuyo período de vida no sobrepasaría los cien años.

La mayor parte de los desechos nucleares almacenados consisten en uranio (95% de todo lo almacenado). Un 1% está compuesto de elementos pesados como el curio, el americio y el plutonio 289 (empleado en la fabricación de bombas atómicas), cuyo potencial radioactivo se extiende por cientos de miles de años. Un 4% está compuesto de subproductos de la fisión nuclear, como el cesio 137 o el estroncio 90, cuya radioactividad se extendería unos 300 años. Sobre cuán peligrosos resultan estos elementos dependerá de cuán fácilmente llegan al cuerpo humano. Así, el plutonio y el uranio son pesados y no se transportan muy bien por el aire, pero existe preocupación sobre que el plutonio se puede filtrar a los depósitos de agua por miles de años. El cesio 137, en cambio, es fácilmente transportado por el aire.

EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA)



Es la organización internacional del sistema de las Naciones Unidas encargada de velar por la utilización de la energía atómica con fines pacíficos y sin riesgos, desempeñando un papel prominente en las iniciativas internacionales encaminadas a lograr que la tecnología nuclear se use para promover el desarrollo sostenible.

Del mismo modo, el OIEA propicia la divulgación de las ventajas de la energía nuclear como fuente libre de emisiones de gases de efecto invernadero y otros tóxicos, todo ello como parte del presente debate sobre alternativas energéticas que permitan reducir las causas del calentamiento del planeta.

El OIEA es también el principal foro intergubernamental para la cooperación científica y técnica en la esfera nuclear y coordina el intercambio de información y la formulación de directrices y normas de seguridad nuclear. A petición de los gobiernos, el OIEA asesora en favor de la mejora de la seguridad de los reactores y contra el riesgo de accidentes.

El OIEA formula normas básicas de protección contra las radiaciones y publica reglamentos y códigos de actuación para distintos tipos de operaciones, incluida la seguridad en el transporte de materiales radiactivos. El Organismo también presta asistencia de emergencia a los estados Miembros en caso de accidentes por radiación, de conformidad con los siguientes instrumentos internacionales:

- i) la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica (1986),
- ii) la Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares (1986),
- iii) la Convención sobre la protección física de los materiales nucleares (1987),
- iv) la Convención de Viena sobre responsabilidad civil por daños nucleares (1963),
- v) la Convención sobre Seguridad Nuclear (1994) y,
- vi) la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos (1997).

El programa de cooperación técnica del OIEA, a través de la ejecución de proyectos nacionales, el concurso de expertos y la capacitación en la aplicación de técnicas nucleares con fines pacíficos, provee asistencia a los países en esferas fundamentales como los recursos hídricos, la salud, la nutrición, la medicina y la producción de alimentos (p.ej. a través de la llamada "fitotecnología por mutación", gracias a la cual se han conseguido casi 2 000 variedades nuevas de cultivos utilizando tecnologías basadas en la radiación, lo que ha permitido mejorar la producción de alimentos). Otro ejemplo es el uso de la hidrología isotópica para cartografiar los acuíferos subterráneos, gestionar las aguas subterráneas y superficiales, detectar y controlar la contaminación y vigilar las filtraciones y las seguridad de los embalses, fomentando así el acceso a fuentes limpias de agua potable. Un último ejemplo es el de los tratamientos médicos, ámbito en el cual el Organismo suministra equipo de radioterapia y capacita al personal sanitario para tratar de forma segura a pacientes de cáncer de unos 80 países en desarrollo que son miembros del OIEA.

El OIEA recopila y divulga información sobre prácticamente todos los aspectos de la ciencia y la tecnología nucleares a través de su sistema Internacional de documentación Nuclear (INIS), con sede en Viena. Además, administra junto con la UNESCO el “Centro Internacional de Física Teórica de Trieste” (Italia) y mantiene tres laboratorios. El OIEA colabora con la FAO en investigaciones relacionadas con la utilización de la energía atómica en la alimentación y la agricultura, y con la OMS en la utilización de radiaciones en medicina y biología.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los efectos de las radiaciones atómicas, órgano independiente establecido en 1955, evalúa los niveles y efectos de la exposición a la radiación ionizante e informa sobre ellos. Diversos gobiernos y organizaciones de todo el mundo utilizan sus estimaciones como base científica para evaluar el riesgo de radiación, establecer normas de seguridad y protección frente a las radiaciones y reglamentar las fuentes de radiación.

Sin embargo todas estas previsiones parecerían ser insuficientes si consideramos las acciones desplegadas por la OIEA y algunos países para motivar una acción más concertada sobre el tema de la seguridad nuclear.

#### CRITICAS

El pasado 26 de marzo bajo el lema “Más allá de la seguridad, hacia la paz”, 54 jefes de estado y líderes de organizaciones multilaterales se reunieron en Seúl para acordar nuevas medidas para reforzar la seguridad nuclear, que comprende previsiones contra atentados terroristas o mal empleo de las fuentes de energía nuclear.

Los resultados alcanzados en Seúl fueron calificados por los observadores como mixtos pero previsibles.

De acuerdo con la Fundación para la No Proliferación para la Seguridad Global, un aspecto positivo de esta cita fue el énfasis puesto en la seguridad de las fuentes radioactivas y de las instalaciones nucleares, además de la de los materiales nucleares lo que, según la citada fundación constituye “un reconocimiento de las múltiples facetas del terrorismo nuclear”. Sin embargo, y como aspecto desalentador, la Fundación para la No Proliferación para la Seguridad Global anotó que en Seúl “se persistió en avalar el carácter voluntario de los compromisos tomados por los países, se omitió la definición de un standard mínimo de cumplimiento, y también se avaló la estructura del actual régimen de seguridad nuclear, de gran complejidad, que muestra vulnerabilidades”.

Como se puede apreciar, el problema del terrorismo nuclear y de la seguridad frente a amenazas ocasionadas por un accionar culposo, aún no conocen de compromisos suficientes para tratar este tema de alta complejidad. El diseño y puesta en ejecución de una arquitectura multilateral en materia de seguridad nuclear parecería ser un paradigma aún en formación.

#### CONCLUSION

Los dramáticos sucesos de la central nuclear de Fukushima en el Japón, catalizados por recuerdos como los de la trágica experiencia de Chernobyl, la Isla de las Tres Millas, y otros accidentes nucleares y radiológicos en el pasado, han llevado a los líderes mundiales a considerar seriamente las limitaciones de las actuales centrales nucleares y los productos y subproductos por ellas generados, que constituyen factores potencialmente peligrosos en caso de accidentes o manipulación culposa o dolosa.

La alternativa de energías distintas a las de los combustibles fósiles no renovables debería merecer una cuidadosa consideración vistos los escenarios de calentamiento global, polución y extinción de esas fuentes de energía. Sin embargo esa consideración debería también incidir en los peligros que la energía nuclear, tal como ha venido siendo explotada hasta ahora, representa para la Humanidad, vistos los preocupantes niveles de seguridad existentes, y vistas las limitaciones de los diseños y operación de las actuales centrales nucleares, concebidas no tanto por sus beneficios civiles, como por su significación como apéndice del esfuerzo del escenario de la Guerra Fría.

El uso pacífico de la energía nuclear, a futuro, debería plantearse desde una perspectiva crítica e innovadora de lo actualmente existente, con firmes compromisos sobre para qué construir una central nuclear y dónde hacerla, qué sistemas de seguridad la harán “intrínsecamente segura”, y qué hacer con los desechos radioactivos, cuya nocividad es tan grande como la sumatoria de todas las otras amenazas identificadas.

Dedicado a mi hermana María Patricia, en el primer aniversario de su encuentro con el Señor.

\*Hugo E. Contreras Morales es Abogado, Licenciado en Relaciones Internacionales y Diplomático de carrera. Es Master en Relaciones Internacionales y Diplomacia con Mención en Derecho de los Tratados en la Academia Diplomática del Perú y candidato al Master en Relaciones Internacionales e Integración en la Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia). Ostenta también el Diplomado en Seguridad y Defensa Nacional por el Ministerio de Defensa y el Diplomado en Promoción Comercial y Económica en la Academia Diplomática del Perú. Fue co-autor del Plan Nacional de Prevención y Control de Drogas 1994-2000. Actualmente es Jefe de la Oficina de Prensa del Ministerio de Relaciones Exteriores.