

Fukushima, 9 años después

Reflexiones (antinucleares) de Eduard Rodríguez Farré, un científico preocupado

Salvador López Arnal (editor)



Otra alternativa abierta a la humanidad es la energía nuclear. Aunque el stock de esta energía, si se utiliza en los reactores ordinarios, no suma una cantidad mucho mayor que los combustibles fósiles; si se usa en el reactor-reproductor, algunos opinan que podría proporcionar abundante energía para una población de veinte mil millones de personas durante, quizás, un millón de años. Pero este plan a gran escala está lleno de problemas por las consecuencias no previstas para la especie humana, y tal vez para toda la vida terrestre. Representa, de hecho, un auténtico pacto fáustico. Los defensores de este pacto no nos dicen cómo almacenar de manera segura los residuos nucleares. Ni tampoco sugieren qué hacer con las montañas de residuos mineros resultado de la extracción del uranio, del granito de New Hampshire o de la pizarra bituminosa de Chattanooga. Es una preocupación aún más grave el que sólo sean necesarias unas ocho libras de plutonio 239 para fabricar una simple bomba atómica. Y no existe forma de asegurar que el plutonio 239 no vaya a parar a manos que no están controladas por mentes sensatas. Sólo en Estados Unidos, cientos de libras de material nuclear se encuentran ya sin contabilizar.

Nicholas Georgescu-Roegen (1977)

Quienes hablan, hoy, de seguir construyendo reactores nucleares no han comprendido nada de la tragedia de Chernóbil. Y Chernóbil era, quizá, la última advertencia de la que podíamos aprender, si es que ha de existir en el futuro una humanidad libre sobre una Tierra habitable. Mi convicción personal es que la única energía nuclear limpia y segura, que hemos de reivindicar sin tregua, es la de las reacciones de fusión que tienen lugar en el interior del sol y nos llegan luego en forma de bendita luz solar que caldea la atmósfera, mueve los vientos y nutre la vida.

Jorge Riechmann (2007)

Para manipular los residuos nucleares hemos construido un palacio para el olvido. Lo que quedará después de nuestra civilización será, pues, olvido y silencio. Y un veneno escondido en las profundidades de una catedral excavada donde nunca podrá entrar la luz.

Henning Mankell (2015)

Muchos ciudadanos/as y activistas de mi generación (y de generaciones posteriores) tenemos una enorme (e impagable) deuda con el científico franco-barcelonés Eduard Rodríguez Farré, discípulo de un discípulo del presidente de gobierno republicano Juan Negrín. Desde sus esperados, estudiados y comentados artículos en las revistas *mientras tanto* y *BIEN* a finales de los años setenta del siglo pasado, nuestras inquietudes y formación científica y político-social en asuntos relativos a la energía nuclear y al movimiento antinuclear tienen en él un referente central.

También, por supuesto, por sus investigaciones, artículos y colaboraciones sobre el accidente atómico de Palomares. José Herrera Plaza, la persona que más ha estudiado (y sabe de) lo sucedido y sus consecuencias, no ha dejado de señalar la importancia de su magisterio.

Aparte de sus artículos científicos en revistas de alcance internacional y en numerosas y diversas publicaciones de divulgación científico-técnica, cabe aquí recordar tres libros suyos: *Casi todo lo que usted desea saber sobre los efectos de la energía nuclear en la salud y en el medio ambiente*, *Ciencia en el ágora* y *Crítica de la (sin)razón nuclear*, publicados todos ellos por la editorial de El Viejo Topo en estos últimos años.

La presente nota es una antología (mínima entre las mínimas) de sus reflexiones sobre la hecatombe nuclear nipona de 11 de marzo de 2011.

Poco días después de lo sucedido, Antoni Domènech, el que fuera editor general de *sin permiso*, le solicitó un artículo sobre lo sucedido. “Fukushima: un Chernóbil a cámara lenta” (<http://www.sinpermiso.info/textos/fukushima-un-chernobil-a-cmara-lenta>) fue su respuesta muy pocos días después. A la memoria de este gran filósofo imprescindible, maestro también de muchos de nosotros, está dedicada esta nota.

Ni que decir tiene que el silencio atronador que ronda los asuntos de Fukushima en este noveno aniversario de la hecatombe es clara prueba del poder de ocultación de las grandes corporaciones implicadas (TEPCO en este caso), de sus agencias y de los gobiernos cómplices (y sus anexos militares). Recordemos el reciente comunicado de Ecologistas en acción (<https://www.republica.com/2020/03/09/fukushima-sigue-siendo-una-amenaza-nueve-anos-despues-de-la-catastrofe-nuclear/>):

“Fukushima “sigue siendo una amenaza” nueve años después de la catástrofe nuclear. Ecologistas en Acción denuncia que **Fukushima Daiichi “sigue siendo una amenaza” nueve años después del accidente nuclear** que se produjo tras el tsunami que siguió al terremoto del 11 de marzo de 2011 en el norte de Japón, ya que asegura que **los vertidos y residuos radiactivos del accidente se acumulan en la zona mientras el Gobierno de Japón “obliga a la población a regresar”**.”

La ONG apoya la campaña internacional ‘**Juegos Olímpicos libres de nucleares 2020**’ y defiende que **“el riesgo de la energía nuclear es inasumible”**.

En concreto, alerta de que “casi todo el combustible” sigue en la central de Fukushima y necesitará refrigeración durante años y considera que la planta “probablemente” verterá de nuevo agua radiactiva al mar. **Los residuos radiactivos de la limpieza se acumulan en la zona y los Juegos Olímpicos se celebrarán apenas a 20 kilómetros de la zona cero.**

Ante el contexto de los próximos juegos olímpicos el próximo verano, la ONG denuncia que el primer ministro de Japón, Shinzo Abe, quiere “arrinconar la catástrofe nuclear con la llama olímpica” que partirá del centro deportivo J-Village situado a 20 kilómetros de la central siniestrada.

Ante la denuncia de Greenpeace Japón, que ha medido niveles de radiación 1.700 veces más alto de lo aceptado por las autoridades japonesas –hasta 71 microsievets por hora en los puntos calientes, frente a los 0,23 msv que se consideran admisibles– afirma que **la respuesta del Gobierno es aumentar los trabajos de descontaminación y mejorar la vigilancia de la radiación en el estadio.”**

I. Una tecnología inaceptable

Desde un punto de vista físico un reactor nuclear es un dispositivo generador de radiactividad, tanto por fisión del uranio-235 en numerosos radionucleidos como por transmutación del uranio-238 en plutonio y otros elementos transuránicos.

Un radionúclido o radionucleido es un núclido radiactivo que se desintegra emitiendo una radiación ionizante que lo transforma en otro núclido o modifica su nivel de energía. Un núclido -nucleido según la RAE- es la denominación genérica de un núcleo atómico caracterizado por su número de protones, su número de neutrones y su estado de energía. El DRAE lo definía incorrectamente como núcleo atómico caracterizado por contener igual número de protones que de neutrones. No es el caso siempre.

En la actualidad se conocen más de 2.770 diferentes núclidos distribuidos entre los 113 elementos de la tabla periódica (naturales y artificiales). Más de 2.510, el 90% aproximadamente, de estos núclidos, son radiactivos. La mayor parte de ellos han sido obtenidos artificialmente en reactores nucleares y aceleradores de partículas.

Los residuos más peligrosos generados en la fisión nuclear se producen en las barras de combustible, donde se generan isótopos transuránicos como el curio, el neptunio o el americio, que pueden permanecer radiactivos a lo largo de miles de años. Los elementos transuránicos -también llamados elementos transuránidos- son elementos químicos con número atómico mayor que 92, el número del uranio. De ahí su nombre.

El plutonio (Pu, número atómico 94) es uno de los elementos transuránicos del grupo de los actínidos del sistema periódico. Es un elemento artificial metálico radiactivo que se utiliza en reactores y armas nucleares. Sus isótopos fueron preparados y estudiados por vez primera, en 1940, por el químico estadounidense Glenn T. Seaborg y sus compañeros de la Universidad de California en Berkeley. Se conocen quince isótopos diferentes, con números másicos entre 232 y 246; el 244 es el más estable. El isótopo [1] 239 se produce bombardeando uranio 238 con neutrones lentos, con lo que se forma neptunio 239, que a su vez emite una partícula beta formando plutonio 239.

Este isótopo admite fácilmente la fisión y puede ser utilizado y producido en grandes cantidades en los reactores. También se utiliza, como hemos visto, para producir armas nucleares. Es extremadamente peligroso debido a su alta radiactividad.

La ingeniería nuclear aprovecha el calor subproducto de la fisión y de la emisión radiactiva para calentar agua con la que producir energía eléctrica. Es por lo tanto un uso indirecto -y muy ineficiente, insistimos en ello- de la energía nuclear el que efectúa esa tecnología.

Al considerar la conveniencia del proceso es indispensable, arista que suele olvidarse en instancias atómicas, tener presente el ciclo completo de la industria nuclear -minería, enriquecimiento de uranio y su metalurgia, transporte, almacenamiento de residuos radiactivos, etc-, ciclo en el que la central eléctrica nuclear no es más que un eslabón [2], ni siquiera el último. Quedan los residuos y su parada o desmantelamiento si es el caso.

Entre las numerosas razones críticas de índole económica, científica, tecnológica, social y militar en torno a dicha industria, merece una atención central su impacto sobre la salud pública y el entorno biológico. En este campo existe desde hace años suficiente evidencia científica -radiobiológica y médica- para considerar inaceptable (para la población y la biosfera) el uso de la energía nuclear.

Desde su formación hasta 1942, la radiactividad en nuestro planeta había ido disminuyendo por mor de las leyes físicas del decaimiento radiactivo. La vida ha evolucionado en presencia de un fondo radiactivo en constante disminución, de tal forma que cuanto más reciente sea una especie, menor es la radiactividad del fondo en que evolucionó. Ello se refleja, por lo general, en la diversa radiosensibilidad de las especies según la antigüedad de su filogenia. Los mamíferos son mucho más radiosensibles -pueden manifestar efectos a dosis mucho más bajas- que los reptiles, y éstos lo son más que los peces o los invertebrados. Las bacterias son altamente radioresistentes, llegando incluso algunas (*Deinococcus radiodurans*, por ejemplo) a medrar en el intenso campo radiactivo del agua de refrigeración de los reactores, letal para la mayoría de las especies (una dosis aproximadamente 3.000 veces inferior es letal para la mayoría de los mamíferos).

El 2 de diciembre de 1942 se interrumpe este decrecimiento radiactivo al entrar en funcionamiento en Chicago el primer reactor nuclear. A partir de entonces, con la proliferación de reactores, tanto militares como sus derivados civiles, ha ido aumentando la radiactividad en nuestro planeta, aumento cuya importancia radica en que se produce en la biosfera.

Estos reactores nucleares, pilas atómicas se llamaban entonces, fueron diseñados con un claro objetivo militar. Se trataba de conseguir la generación del plutonio necesario para fabricar bombas atómicas como "Fat Man", la bomba que se lanzó sobre Nagasaki. En la que tres días antes destruyó Hiroshima se utilizó uranio enriquecido.

Más tarde se comprobó que el plutonio fisible generado en los reactores podía ser utilizado a su vez como combustible de fisión, aumentando enormemente la eficiencia de las centrales, y reduciendo así uno de los problemas de las mismas. Sin embargo, la tecnología de los reactores de plutonio -los supergeneradores- aplicada a centrales electronucleares ha resultado un fracaso por los graves problemas inherentes a su control. Es el caso del Superfenix francés.

Es esencial consignar que entre las ingentes cantidades de radionucleidos artificiales generados, algunos de ellos -los transuránicos, como antes señalábamos- permanecerán radiactivos durante millares de años. Aparte de los accidentes que puedan ocurrir, la industria nuclear -en un punto y otro de su ciclo- introduce en el medio radionucleidos que se diseminan por la biosfera, pueden bioconcentrarse en las cadenas tróficas e incorporarse a los humanos por vía de la alimentación.

De estos elementos, algunos son muy similares a los que fisiológicamente utilizan los organismos. La noción clave radica en que la permanente irradiación interna, aun a dosis muy bajas, produce efectos nocivos en las

células. La radiación de estos nucleidos es por definición ionizante, y ello origina estrés oxidante en los procesos celulares y daño en el genoma. Determinados efectos -alteración del ADN- son aleatorios e independientes de la dosis. En conjunto aumenta el riesgo de patologías degenerativas, inmunitarias, neoplásicas, del desarrollo, etc. A este respecto conviene insistir en la incoherencia de aquellas posiciones que confunden medida de la radiactividad con medida del riesgo.

En la mayoría de las actuales potencias atómicas las centrales nucleares constituyen una manera de hacer rentables las enormes inversiones realizadas para acceder al armamento nuclear. Precisamente la posibilidad de usar cualquier instalación nuclear con fines militares ha suscitado una mayor atención internacional hacia países como Irán o Corea del Norte, si bien, como es sabido, se ha soslayado o minimizado los casos de India y Pakistán e ignorado, casi completamente, el caso de Israel. La sesgada geopolítica internacional es causa de ello: los amigos atómicos son, antes que atómicos, amigos. Nada que decir, nada que criticar, nada que investigar. Ninguna obligación en estos casos.

Resulta difícil separar nítidamente los usos civil y militar del plutonio y uranio enriquecidos, que a menudo no es más que un pretexto, una trampa, para eludir las normas de control de proliferación. Precisamente, aquellos países donde existen centrales nucleares y más reservas de plutonio "civil" son los que, generalmente, poseen armamento nuclear.



II. Fukushima, pocos días después

Durante más de medio siglo se ha asegurado al pueblo japonés que lo que está pasando actualmente en los seis reactores de la central nuclear de Fukushima no podía suceder. Era imposible, no pasaría nunca. Cualquier aproximación, cualquiera nota crítica era tildada de alarmista. Monsergas de agoreros.

Pero no ha sido así, por supuesto que no. Todos los gobiernos japoneses, de similar color político hasta el momento, han mentido. NISA, la agencia de seguridad nuclear japonesa, se ha sumado al engaño. TEPCO, The Tokyo Electrical Power Company, la tercera empresa eléctrica del mundo, propietaria y gestora de la central siniestrada y de muchas otras centrales japonesas, les ha mentido también. La fusión parcial de los reactores ante la falta de refrigeración, provocada por el terremoto y maremoto que han azotado un país donde esos sucesos no son infrecuentes, no debería haber ocurrido... Pero ha ocurrido. Saichii, el reactor I de la central (un BWR, como los restantes reactores, de los que funcionan con agua en ebullición, como el de la central española de Santa María de Garoña), no debería haber sufrido un accidente conocido con el nombre de *Station Blackout* (SBO), la pérdida total del suministro eléctrico. Pero lo ha sufrido.

Existían precedentes y no es extraño, por otra parte, que políticos institucionales de la derecha extrema nipona promuevan y abonen las infamias más insultantes. Transitando, desgraciadamente, por un sendero muy concurrido. El actual [marzo de 2011] alcalde de Tokio (lo es desde 1999), un político ultranacionalista llamado Shintaro Ishihara que se ha destacado por atacar e insultar a homosexuales, inmigrantes y mujeres, ha afirmado que el terremoto ha sido un "castigo divino" por el "egoísmo" de los japoneses. ¡Castigo divino,

egoísmo de los japoneses! ¿Cómo es posible que un responsable político institucional hable y probablemente piense en estos términos? ¿Dónde han llegado? ¿Dónde nos quieren ubicar?

Existen precedentes que estos días se han olvidado, apenas han sido citados. Un accidente nuclear afectó a la central de Tsuruga hace 30 años [3]. Entre el 10 de enero y el 8 de marzo de 1981, se produjeron fugas de líquidos radiactivos. Unos 40 mil litros de material se vertieron, desde los depósitos de residuos de la central, en las cloacas de la vecina ciudad de Tsuruga, donde residían unas 100 mil personas. El accidente, el más grave desde el comienzo de la nuclearización nipona, no fue conocido por los habitantes de la ciudad, ni por la ciudadanía japonesa en general, hasta el 20 de abril, muchos días después de que se produjera. Se supo posteriormente que la empresa propietaria de la central afectada conocía lo que estaba sucediendo desde el principio y que hizo todo lo posible para ocultarlo. Tsuruga ha dado nombre a un síndrome del ocultamiento y la tergiversación. Francisco Fernández Buey ha alertado con insistencia sobre la perversa y calculada estrategia política de estas informaciones a destiempo en este y en otros temas.

Segundo ejemplo, finales de julio de 2007. Un terremoto de intensidad 6,8 (recordemos la escala logarítmica de la medida) golpeó la provincia de Niigata, en la isla de Honsu, a 200 km de Tokio y puso fuera de funcionamiento el Kashiwazaki-Kariwa, una gigantesca planta nuclear, una de las más grandes del mundo. Nueve personas fallecieron y un millar resultaron heridas a causa del terremoto. Se destruyeron o dañaron unas 800 casas; vías y puentes quedaron impracticables; se cortó el suministro de agua, gas y electricidad; se averiaron instalaciones industriales de la zona. La planta, propiedad también de TEPCO, se encuentra situada probablemente encima de una falla sísmica. Los informes hablaban de fugas radiactivas, conductos obsoletos, tuberías quemadas, aparte de los incendios. Varios centenares de barriles de residuos se vinieron abajo. Más de 1.000 litros de agua radiactiva se vertieron al mar y fugas de isótopos se dispersaron en la zona. No fue una "pequeña fuga" sin consecuencias para el medio ambiente. Los responsables de la central, después de muchas dudas y vacilaciones, lo admitieron finalmente: el terremoto había provocado un desastre.

Ya en aquel entonces un portavoz de la corporación sostuvo que los reactores de la central habían sido diseñados para resistir terremotos, pero sólo, matizó, hasta determinada intensidad, inferior a la magnitud del seísmo registrado aquel lunes de julio de 2007. La misma melodía, casi con idénticas palabras, que estamos oyendo ahora y seguiremos oyendo probablemente en el futuro. ¿Podemos creerles? ¿Merecen nuestra confianza?

Tampoco conviene olvidar lo ocurrido en Tokaimura, a 120 kilómetros al noreste de Tokio, no lejos de Nakamachi, en 1999, en el que se consideraba hasta el momento el accidente nuclear más grave después del de Chernóbil. Su causa fue la reacción en cadena que se produjo por la decantación de una cantidad anormalmente elevada de solución de nitrato de uranio enriquecido debido a un error en su manipulación. Los dos trabajadores de la central que participaron en el proceso fallecieron al recibir dosis letales. El Informe de los inspectores de la Agencia (u Organización) Internacional de Energía Atómica (IAEA) constató que se produjo por la manipulación de uranio enriquecido [5] hasta un 19% en U-235, el isótopo 235, en cantidades tales, 16 kgs en total, que superaron la masa crítica -algo más de 2 kilogramos- iniciándose con ello una reacción de fisión.

Cabe preguntarse por qué se han ubicado en Japón tantos reactores al lado del mar en zonas propensas a maremotos. La Union of Concerned Scientists (UCS) ha respondido la pregunta en términos que podíamos esperar: por razones económicas. No hay que pagar a nadie por el agua del mar: sale muy barata, rebaja costes y aumenta beneficios empresariales, especialmente en un país sin ríos de caudal importante.

La radiación ni se ve ni se huele ni se siente, pero sus efectos son a largo plazo y dañarán la salud y el medio ambiente durante muchos años. Ya se han medido, también en Tokio, radiocontaminantes, como el yodo-131 o el cesio-137, de la radiación liberada en Fukushima, donde, por lo que se nos ha explicado hasta el momento, se ha producido la fusión parcial de dos de sus reactores y la liberación del material altamente radiactivo ubicado en las piscinas de residuos. En el núcleo de un reactor atómico existen más de 60 contaminantes radiactivos, unos de vida media [6] muy larga y otros de vida corta, pero muchos de ellos tienen una gran afinidad con nuestro organismo. Se acumulan en él, son parecidos a nuestros elementos biológicos. Entre esos sesenta contaminantes, los que tendrán mayores y peores consecuencias para la salud humana serán el yodo-131, el estroncio-90 y el cesio-137, con el plus del plutonio.

El primero afecta inmediatamente y deja mutaciones en los genes; a partir de esas mutaciones se puede desarrollar posteriormente el cáncer de tiroides. Se ha calculado que el accidente de Chernóbil multiplicó por diez los casos de este tipo de cáncer en Centroeuropa. El estroncio se acumula en los huesos, como si fuera calcio, un mínimo de 30 años y durante este tiempo continúa irradiando el organismo. El cesio queda depositado en los músculos, comportándose de forma parecida al potasio. Ambos, estroncio y cesio,

aumentan el riesgo de todo tipo de cánceres, especialmente los de huesos, músculos y tumores cerebrales, disminuyendo la inmunidad del organismo e incrementando la capacidad de sufrir otras patologías.

La radiación, además, altera la reproducción. Afecta más a las mujeres que a los hombres. Los espermatozoides se regeneran cada noventa días y un espermatozoide alterado desaparece en ese período; los óvulos permanecen en los ovarios toda la vida. Si uno de ellos, alterado por la radiación, es fecundado posteriormente, se incrementa, aunque sea muchos años después, el riesgo de malformaciones en el feto así como el de diversas patologías.

Tampoco las consecuencias para el medio ambiente son inocuas. La contaminación nuclear se deposita en el suelo y en el mar, se incorpora a la cadena trófica de los peces -que son la base de la dieta en Japón-, del resto de animales -el yodo-131 aparece precozmente en la leche-, de las plantas, la fruta y las verduras. Este proceso se irá acumulando, pasará de un ser vivo a otro e irá empeorando [7]. La persistencia de estos radioelementos en el medio perdura largo tiempo y su presencia puede detectarse en los alimentos incluso años después de un accidente nuclear.

Para prevenirse de la contaminación radiactiva, el contacto con la piel se puede eliminar lavándose con el mismo celo que debe tener un cirujano cuando entra en un quirófano, limpiando y cepillando el cuerpo, el pelo y las uñas con detergente, desechando la ropa. Mucho más difícil es luchar contra la principal vía de contacto con los elementos contaminantes: la inhalación. Frente a ella, ante el radioyodo, sólo son efectivas pastillas de yoduro potásico como las que las autoridades japonesas están repartiendo a la población. El tiroides, cuando está repleto, elimina el yodo que le sobra. Si se satura con yodo normal, se facilita que al inhalar el yodo radiactivo no se incorpore a nuestro organismo, eliminándose rápidamente.

Existen dos tipos de efectos en la salud humana por la exposición a la radiación. Unos son determinísticos. Los inmediatos a la exposición dependen de la dosis recibida. Otros son probabilísticos e irrumpen cuando las partículas radiactivas se acoplan a distintos órganos. Son estos últimos los que más deben preocupar. Influyen, sabido es, en el aumento del riesgo de sufrir cáncer actuando como si fueran componentes biológicos. El cesio-137, como comentábamos, se acopla al músculo y va irradiando a lo largo del tiempo. Lo mejor que puede pasar es que mate la célula. En cambio, si causa una mutación en un gen supresor de tumores, puede aumentar la posibilidad de sufrir cáncer.

El accidente de Fukushima es un Chernóbil a cámara lenta. Las causas, sin embargo, han sido muy diferentes. El terremoto produjo alteraciones en la estructura de los reactores y el maremoto provocó fallos de los sistemas de refrigeración, inutilizándolos. La temperatura fue aumentando progresivamente y, debido al enorme incremento de la presión, se ha liberado vapor de agua e hidrógeno junto con los gases radiactivos que se producen en la vasija de contención. La estructura de las barras de uranio-235 del reactor ha ido deformándose y acabarán fundiéndose parcial o, en el peor de los casos, totalmente. En Chernóbil la fusión fue global, por lo que la explosión fue enorme y de una sola vez; en Japón, por el contrario, hay una pérdida paulatina de elementos radiactivos y explosiones parciales de los reactores.

No está claro por cuánto tiempo funcionarán los intentos de refrigeración de emergencia, helicópteros, bomberos, ni se sabe cuándo se restaurará el abastecimiento normal de energía. No será cuestión de días saber qué comportamientos están teniendo los seis reactores nucleares, qué ha pasado con los motores diesel de seguridad, con las piscinas de residuos altamente radiactivos, con las vasijas de contención, y, aunque a veces nos olvidemos, con los trabajadores de Fukushima. Dentro de seis meses, el perfil de lo sucedido será, puede ser muy distinto del que ahora tenemos, del que podemos vislumbrar en estos momentos.

Las Fuerzas de Autodefensa de Japón, eufemismo usado para hablar del Ejército japonés, han arrojado agua de mar desde helicópteros sobre la unidad tres de la planta, allí donde los ingenieros intentan restablecer un cable eléctrico -hacia dos de los seis reactores- que permita encender las bombas de agua necesarias para enfriar varillas de combustible nuclear usado. Se ha arrojado también agua sobre el tercero, uno de los reactores que está en situación más crítica, aunque, ciertamente, intentar apagar un fuego radiactivo con agua no deja de ser fútil en opinión de varios físicos. Si esos procedimientos fallan, la última opción sería enterrar la extensa planta, de unos 40 años de antigüedad, bajo arena y cemento. Fue el método usado para sellar las enormes filtraciones en Chernóbil. Incluso si los ingenieros llegan a restaurar los sistemas de energía de la planta, las bombas y los circuitos de refrigeración podrían estar demasiado dañados por el seísmo, y el posterior tsunami, para poder funcionar.

La mayor parte de los países -China, Estados Unidos, España, entre ellos- están evacuando a sus ciudadanos que viven en Japón. El peligro es real, la situación no ha mejorado por el momento. Asimismo, la UE, los EEUU y los gobiernos de otros países han prohibido la entrada de productos de alimentación procedentes de Japón. En el momento en que escribimos, 16 de marzo de 2011, se ha detectado ya en Tokio la presencia de

yodo-131 y cesio-137 en verduras y leche procedentes de regiones próximas a la central. Mientras tanto, la radiactividad se está diseminando en dirección Este -según la meteorología predominante- y NE por el Pacífico. El próximo lunes (21 de marzo de 2011) cambiará el régimen de vientos y se enseñorearán en los días siguientes sobre la isla de Honshu, donde se encuentra la central, sobre Tokio y sobre las restantes grandes ciudades niponas, donde habita el 83% de los casi 130 millones de japoneses.

Una escena de una de las historias -"Fujiyama en rojo"- que componen la que fuera la última película de Akira Kurosawa, *Los sueños*, transcurre en una barraca frente al mar. El ambiente se encuentra envuelto en una espesa niebla. Los protagonistas: un joven, un hombre maduro vestido con un elegante traje y una mujer muy angustiada con dos niños en sus brazos. Unos momentos de la conversación que mantienen:

Hombre maduro: ¡Este es el fin!

Joven: Pero, ¿qué pasó? ¿Dónde está toda la gente? ¿Adónde huyeron?

Hombre maduro: Al fondo del mar.

Joven (mirando hacia el mar): Los delfines, hasta ellos están huyendo; qué suerte tienen, se pueden ir nadando

Hombre maduro: De nada les servirá, los matará la radiactividad. ¡Las nubes! La roja es de plutonio-239, la diez millonésima parte de un gramo causa cáncer. La amarilla, es estroncio-90, se mete dentro y causa leucemia. La morada es cesio-137, afecta la reproducción, causa mutaciones, da origen a deformidades. La estupidez del hombre es increíble, la radiactividad era invisible y debido al peligro le dieron color. Pero eso sólo no deja saber que nos está matando. La tarjeta de visita de la muerte. Hasta luego... (Se despide y se dirige hacia el mar dispuesto a arrojarse por la barranca)

Joven: ¡Espere! La radiación no mata enseguida.

Hombre maduro: ¿Y que importa? Una muerte lenta es mucho peor.

Mujer: ¡Me niego a morir así! Que mueran los adultos, ya han vivido suficiente. Pero los niños aún no han vivido. No es justo.

Hombre maduro: Esperar la muerte no es vida.

Mujer: Nos dijeron que los reactores no eran peligrosos. "Cero accidentes, peligro cero", eso nos dijeron. ¡Qué monstruoso! ¡Si no los cuelgan por eso, los colgaré yo misma!

Hombre maduro: No te preocupes, la radiactividad lo hará por ti. Lo siento, yo soy uno de los que merece morir (y se lanza al mar).

Hasta aquí el maestro Kurosawa, hasta aquí uno de sus sueños más premonitorios.

¡Cero accidentes, peligro cero! Eso les dijeron, eso nos han dicho y siguen y seguirán diciendo (con leves modificaciones) mil veces y una más: la industria más segura, más efectiva, más barata y, añaden a veces, más pacífica. ¡Átomos, comentan, para la paz y el desarrollo! No han querido aprender, no quieren aprender. No están dispuestos a cuestionar su alocada apuesta y sus intereses.

"No hay fuente de energía alternativa si queremos asegurar una gran cantidad de energía". Más aún: "Para apoyar la economía japonesa no tenemos otra opción que el uso de la energía nuclear. La gente tiene que entender ese punto". Estas palabras usó Kaoru Yosano, el ministro de Finanzas japonés, tras una reunión del gabinete nipón cuatro o cinco días después del seísmo y la catástrofe. Las gentes, la ciudadanía nipona, los ciudadanos de todo el mundo no entendemos -ni queremos aceptar- ni ese ni muchos otros vértices falsamente reflexivos de este complejo y poderosísimo poliedro donde los intereses, la irresponsabilidad, los intereses militares y el poder económico sin escrúpulos han jugado y siguen jugando un papel esencial. Seguimos reivindicando, con más fuerza y tenacidad que nunca, dos de los mejores (y más conseguidos) lemas de la tradición ecologista crítica, racionalista, insumisa, informada y sensible a la Naturaleza: "¿Nuclear? No, gracias" y "Mejor activos hoy que mañana radiactivos".

Centenares, miles de informaciones y razones documentadas fundamentan nuestra oposición, nuestro digno, razonable y *necesario* combate, nuestra esperanza: un mundo sin nucleares y sin armas atómicas que nos lleven al borde del desastre, una civilización que no se vea obligada a esconder un mortífero veneno de larguísima duración en profundidades, de muy difícil control, donde nunca podrá entrar la luz. Sólo las tinieblas, enormes riesgos potenciales, la muerte y la desolación.

III. OMS y la Agencia Internacional de Energía Atómica

La OMS depende en todas las cuestiones nucleares de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA por sus siglas en inglés). En 1959 firmaron un convenio por el que, en todas las cuestiones relativas a la energía nuclear, en *todas* remarco, la OMS debía referirse, debía ampararse en los informes de la Agencia Internacional (que es, como recuerdas, una organización de *promoción atómica*, no de control o vigilancia).

Pues lo mismo está pasando ahora. Pasó con Chernóbil y está pasando en la actualidad.

Ocurre algo parecido en algunas instancias de la UE. Yo estoy en un comité científico europeo sobre riesgos de salud. Puedo asegurarte, te aseguro de hecho, que se nos ha vetado tocar estos temas.

¿Por qué?

Porque pertenecen al tratado de EURATOM (European Atomic Energy Community) y se tratan en radioprotección o en los comités relacionados con radiaciones, comités, en los cuales, no hay científicos de salud pública.

Entonces, según dices, los informes de la OMS sobre asuntos atómicos no son de tu confianza y no deben ser de nuestra confianza.

Yo no les doy ninguna credibilidad, ninguna. La OMS, en otras cuestiones, puede tener más o menos credibilidad pero en cuestiones de radiaciones y efectos sobre radiaciones tiene un descrédito total desde un punto de vista científico. Desde hace muchos años.

Repito la expresión que acabas de usar: descrédito total.

Remarcas bien y con fundamento. Pasó con Chernóbil, como decía; está pasando con Fukushima. La OMS siempre tiende a complacer el brazo fuerte del acuerdo.

El que manda en esta plaza que diría Erich Fried.

Exacto, el que manda realmente. La OMS da las cifras e informes que le proporciona la Agencia Internacional de Energía Atómica. ¿Recuerdas el informe que publicó en el vigésimo aniversario de la tragedia de Chernóbil?

Me acuerdo. El Informe del Fórum de Chernóbil, el “Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Care Programmes” (Efectos en la salud del accidente de Chernóbil y programas de cuidados especiales).

Ese mismo. Fue tan escandalosa la situación que tuvieron que rectificar, cosa nada frecuente. Decían que había habido muy pocos muertos. Nada, tres, cuatro, unos pocos fallecidos en total, cuando sólo pensando en los liquidadores habían muerto prácticamente todos, sólo quedaba vivo un piloto de un helicóptero. Fue tal el desprestigio que tuvieron que reconocer su error. Al cabo de unos meses, la OMS sacó otro informe explicando todo de forma más ambigua.

Yo no pierdo el tiempo, opino que no hay que perder el tiempo leyendo un informe de la OMS. No lo hago, dirás que suena muy radical...

Suena radical desde luego. Pero ser radical no es ser extremista ni indocumentado.

Efectivamente. Irrita mucho que un organismo que puede tener gente capacitada, o que puede organizar grupos de gente documentada y experta para investigar en estos temas, tenga esta grande, esta enorme dependencia. Como ocurre por otra parte en la mayoría de los países. Las cuestiones de radiaciones no entran, no suelen entrar, dentro de las competencias de los científicos o profesionales que trabajan en temas de salud.

Que es lo que debería ocurrir.

Exacto, que es lo que debería ocurrir desde un punto de vista científico, ciudadano, de salud pública, de búsqueda de datos contrastados. Es trabajo de radiobiólogos, epidemiólogos, toxicólogos. No es ninguna pasión corporativa o interés no declarado los que me empujan a decir esto.

IV. Seis años después: seis observaciones y una reflexión hacia dentro

1. El Pacífico contaminado.

El desastre, la hecatombe nuclear de Fukushima, ha contaminado el océano más grande del mundo en sólo seis años.

Recordemos brevemente lo sucedido: en 2011, un terremoto -se ha afirmado que probablemente fuera una réplica del terremoto de 2010 en Chile- generó un tsunami que causó un colapso en la planta nuclear de TEPCO (Tokyo Electric Power Company) en Fukushima, Japón, con seis reactores nucleares. Tres se derritieron. Lo que sucedió después fue la mayor liberación de radiación al agua en la historia del mundo: los productos radiactivos, algunos en cantidades aún mayores que en Chernobyl, se filtraron en el océano Pacífico.

Las cantidades, es razonable conjeturarlo y sospechar sabido lo que sabemos, pueden ser mucho más altas que las estimaciones oficiales japonesas que, para muchos científicos, son muy inexactas.

Fukushima sigue arrojando, a día de hoy, unas 300 toneladas de desechos radiactivos al Pacífico. Diariamente. Y continuará haciéndolo en el futuro. La fuente de la fuga no puede ser sellada. Es inaccesible tanto para los trabajadores (desesperados o ignorantes en muchos casos del riesgo que están corriendo por las tareas que están realizando) como para robots (que han colapsado), debido a las temperaturas extremadamente altas.

Fukushima puede llegar a ser el peor desastre ambiental en la historia de la humanidad. Empero, actualmente, apenas es mencionado por la mayoría de políticos institucionales y por muchos científicos no concernidos, y está más que ausente de las informaciones periodísticas de los grandes medios. Una posible explicación: TEPCO, la empresa propietaria de la central siniestrada y de muchas otras centrales atómicas japonesas, una muy poderosa corporación, puede ejercer un fuerte control, directo o indirecto, sobre empresas de noticias y sobre muchos políticos institucionales. La corrupción, como el ser aristotélico, se dice y declina de muchas formas diferentes.

Aunque no podamos sentir directamente la radiación -que ni se ve ni se huele-, algunas partes de la costa occidental de América del Norte están viviendo hace años sus efectos. Eso sí, como era de esperar, funcionarios gubernamentales afirman que Fukushima no tiene nada que ver con lo sucedido a pesar de que la radiación en el atún de Oregon se triplicó después de la hecatombe. Ya en 2012 se publicó en una de las revistas científicas más prestigiosas -PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*)- que los atunes del Pacífico incorporan los radionucleidos de Fukushima, detectándose en los capturados en California cantidades de cesio radiactivo 10 veces superiores (¡incrementos del 1.000%!) a las determinadas antes del accidente nuclear.

2. Radiaciones

La propia TEPCO anunció hace unas semanas haber observado niveles récord de radiación y un agujero en una parte metálica del interior del sarcófago del reactor 2.

Una pequeña cámara fue enviada a finales de enero a esa unidad. El análisis de las imágenes filmadas permitió deducir que en una parte del sarcófago "las radiaciones pueden alcanzar los 530 sieverts por hora" (un ser humano expuesto a una radioactividad así moriría casi al instante).

El sievert (Sv), recordemos brevemente, es la denominación -en honor del físico sueco Rolf Sievert, pionero en la radioprotección- de la unidad estándar internacional de *dosis de radiación eficaz* o *dosis equivalente*. Tiene en cuenta las características del tejido irradiado y la naturaleza de la radiación. Constituye la unidad paradigmática en protección contra las radiaciones ionizantes, pues, si bien con limitaciones, intenta expresar el riesgo de aparición de los efectos estocásticos (aleatorios) asociados al conjunto de las situaciones de exposición posibles.

En la práctica, el sievert es la dosis de energía absorbida -el gray- multiplicada por un factor de ponderación propio de cada radiación y órgano o tejido (equivale a 100 rems, la antigua unidad de dosis equivalente [8]; rem: *roentgen equivalent man*). El concepto inherente a esta unidad es que la misma cantidad de energía absorbida puede determinar efectos muy distintos según el tipo de radiación y el órgano expuesto. El factor de ponderación de los fotones gamma y de los electrones es 1, mientras que el de los protones es 5 y el de las partículas alfa sube a 20. De hecho, el Sv es una magnitud muy elevada y usualmente se utilizan los submúltiplos milisievert (mSv: milésima de sievert) y microsievert (µSv: millonésima). Conviene tener presente -frecuentemente se malinterpreta o se usa falazmente- que, por definición, el sievert sólo puede utilizarse para evaluar el riesgo de aparición de efectos estocásticos en los seres humanos pero no sobre la fauna y la flora.

Recuperemos nuestro hilo conductor.

Hay un margen de error en la cifra señalada -530 Sv/h- por lo que el nivel podría ser también un 30% inferior. "Pero sigue siendo alto", ha admitido un portavoz de TEPCO, Tatsuhiro Yamagishi.

El último registro, constatado en 2012 en otro lugar del reactor 2, era -también según TEPCO- de 73 sieverts. El nivel extremadamente alto de radiaciones medido en un lugar, si fuera exacto, “puede indicar que el combustible no está lejos y que no está cubierto de agua”, ha declarado a la cadena pública NHK Hiroshi Miyano, el profesor de la Universidad Hosei, que preside una comisión de estudio para el desmantelamiento de la central.

Se ha constatado además la existencia de un agujero, un cuadrado de un metro de lado, en una plataforma metálica situada en el sarcófago, bajo el depósito que contiene el corazón del reactor. Hipótesis razonable: puede haber sido causado por la caída de combustible, que habría fundido y agujereado el depósito.

Los reactores 1, 2 y 3, recordemos, fueron los más dañados en 2011 y causaron una enorme emisión de sustancias radiactivas. Todavía no se ha localizado el combustible que supuestamente se fundió en esas tres unidades de las seis, recordemos, que tiene la central dañada.

3. Salud

Frente a las informaciones del complejo político-industrial electronuclear que sostienen que no hay riesgos para la salud humana y ambiental a causa de la radiactividad de Fukushima, existen –si bien escasos- estudios publicados en las revistas científicas más rigurosas mostrando todo lo contrario.

El impacto sobre la salud pública, todavía negado por múltiples instancias de “seguridad nuclear”, sigue desarrollándose inexorablemente según las previsiones que la ciencia radiobiológica y la experiencia de accidentes previos permite establecer.

Así, el primer efecto que podíamos esperar, debido a la liberación de iodo-131, es el incremento de cáncer de tiroides en niños y jóvenes a partir del 3º-4º año del accidente. Y en efecto, el primer estudio epidemiológico publicado constata esa realidad como ya hemos comentado. Tsuda y col [9] han estudiado la prevalencia de cáncer de tiroides en 298.577 sujetos menores de 19 años del área de Fukushima entre 2011-2014 y han encontrado un incremento de 30 veces –variable según la subárea- respecto a la prevalencia esperable según las tasas del resto de Japón durante ese periodo.

Los 110 casos diagnosticados a fines de 2014 se siguen incrementando, pues no toda la población del área ha sido cribada. En los próximos años otros efectos, todos ellos dañinos, son de esperar.

4. Costes

El costo del desmantelamiento, indemnizaciones a los habitantes de la zona y descontaminación ambiental tras el accidente-hecatombe nuclear será de más de 170.000 millones de euros superior a lo inicialmente previsto según han anunciado fuentes autorizadas en el canal de televisión NHK.

Veremos las cifras finales; constataremos su veracidad y los cambios de cuantía. Estemos alerta. La estimación apuntada es el doble, aproximadamente, de la adelantada a fines de 2013 por el Ministerio de Industria japonés. Las revisiones no han finalizado. TEPCO había señalado en un primer momento que el desmantelamiento y las obras en el lugar siniestrado costarían cuatro veces menos de lo que ahora se estima, es decir, unos 70.000 millones de euros.

Además, asunto más que importante por lo que significa humana y económicamente, recuperar el combustible que quedó fundido en tres unidades y limpiar el lugar lo mejor posible todo el territorio exigirá entre tres y cuatro décadas (tampoco hay fechas precisas, no puede haberlas).

El comité de expertos designado por el Gobierno nipón ya había advertido en octubre de 2016 de que el costo superaría ampliamente la primera previsión. Son una parte de las “externalidades” (recordemos la publicidad atómica y las afirmaciones de los “intelectuales orgánicos” vinculados) de la industria nuclear: “barata, segura y pacífica”. ¿Se conoce, conocemos alguna otra estafa político-industrial-publicitaria de estas dimensiones?

5. Colapso

Unos mil kilómetros cuadrados de territorio en torno al complejo nuclear de Fukushima-Daiichi, son considerados actualmente una zona de exclusión a la que solo se permite el paso eventual bajo la propia responsabilidad y en la que está prohibida la residencia. 80.000 refugiados atómicos -la expresión es más que adecuada- han sido realojados en otras áreas por la Administración nipona.

Además de profusa señalización de peligro por contaminación, las autoridades japonesas han desplegado en algunas zonas barreras de plástico transparente para señalar la frontera. Los documentalistas Carlos Ayesta y Guillaume Bression, un venezolano y un francés residentes en Japón, han viajado a la zona de exclusión con

regularidad desde 2011 y puesto en marcha el proyecto en línea “Fukushima, No Go Zone”. Han ido registrando una encuesta audiovisual de las consecuencias humanas y ambientales de la crisis. “El accidente está lejos de terminar, tanto en la central como entre los refugiados nucleares”, afirman.

Estos fotógrafos han plasmado en *Retracing Our Steps–Fukushima Exclusion Zone 2011–2016 (Volviendo sobre nuestros pasos. La zona de exclusión de Fukushima, 2011-2016)* una antología “de las visitas y un inventario de los encuentros que han mantenido con los evacuados, personas expulsadas de sus lugares de residencia tras la catástrofe”. Muestran el terrible paisaje tras la batalla-accidente atómico: paisajes intocados donde no hay cascotes, ni ruinas ni restos de un desastre tangible sino una sensación absoluta de desolación.

Carlos Ayesta y Guillaume Bression pretenden revivir “las emociones de los antiguos residentes si regresaran a sus antiguos hogares, colegios o a los supermercados donde compraban a diario”. Con la aquiescencia de quienes aceptaron el retorno para hacer las fotos, “llevaron a personas de la zona a esos emplazamientos y las invitaron a posar como si nada hubiese sucedido”.

Las imágenes golpean, nos golpean a todos: “una mujer posa con un carrito de la compra en un supermercado donde los envases de alimentos siguen en los estantes; un adolescente escucha música en la tienda en la que compraba discos; un oficinista simula atender un teléfono en su antiguo lugar de trabajo... Todos parecen estatuas de cera con miradas vacías y descreídas en lugares donde el tiempo se ha detenido”.

Un testimonio directo, el de Shigeko Watanabe: “Ya estoy acostumbrada, pero al principio ni siquiera podía quedarme una hora aquí, en mi vieja imprenta. Creía que podría regresar a vivir de nuevo, pero todos mis vecinos compraron casas en otros lugares y nadie planea volver (...) Esta zona es un pedazo de nada y nadie se preocuparía si desapareciera”.

Centenares de miles de bolsas de plástico negro, apiladas en la zona, contienen los 25 millones de metros cúbicos de materiales y tierra posiblemente contaminados. ¿También deben ser consideradas externalidades? [...]

V. La esperanza (con él compartida) de Kenzaburo Oé

Así se expresaba el Premio Nobel de Literatura japonés a finales de septiembre de 2011, dos semanas después de la hecatombe atómica de Fukushima: “Hace no mucho, leí una obra de ciencia-ficción en la que la humanidad decide enterrar cantidades ingentes de residuos radiactivos en las profundidades subterráneas. No saben de qué modo deben advertírsele a la generación futura, a la que se le dejará el cometido de deshacerse de los residuos, ni quién debe firmar la advertencia. Desgraciadamente, la situación ya no es un tema de ficción. Estamos endosando unilateralmente nuestras cargas a las generaciones futuras. ¿Cuándo abandonó la humanidad los principios morales que nos impedían hacer algo así? ¿Hemos superado un punto de inflexión fundamental en la historia?”

Después del 11 de marzo, Kenzaburo Oé se quedaba levantado todas las noches, hasta bien tarde, viendo la televisión, una costumbre, según sus propias palabras, recién adquirida tras el desastre: “Hubo un periodista de televisión que fue a mirar en una casa con las luces encendidas en una zona que, por lo demás, estaba a oscuras debido a las órdenes de evacuación. Resultó que una yegua estaba de parto y el propietario era incapaz de irse de su lado. Al cabo de unos días, el periodista volvió a visitar la granja y vio a la yegua y a su potrillo en el interior a oscuras. La expresión del propietario era sombría. No habían permitido que el potro saliese a correr en libertad porque sobre la hierba había caído lluvia contaminada por el material radiactivo. Lo mejor y lo más rápido es abolir la energía nuclear y suprimir la radiactividad de raíz.

La crisis, proseguía el escritor japonés, se había llevado vidas que muchas personas seguían intentando recuperar. “¿Qué mensajes podemos transmitirles a esas personas y de qué modo? Yo también necesito oír esas palabras y la persona a la que he recurrido en busca de orientación es el físico Shuntaro Hida, que ha estado hablando sobre los peligros de la exposición del país a la radiación desde el bombardeo atómico de Hiroshima.

En una entrevista publicada en la edición de septiembre de la revista nipona *Sekai*, Hida recomendaba: “Si ya han estado expuestos, deben estar preparados. Resígnense. Díganse a ustedes mismos que pueden tener mala suerte y sufrir unas consecuencias horribles al cabo de varias décadas. Luego, traten de reforzar su sistema, háganlo inmune todo lo que puedan para combatir los peligros de la radiación. ¿Pero será suficiente para protegerse el hacer el esfuerzo de evitar comprar verduras que puedan estar contaminadas? Es mejor tomar precauciones que no tomarlas. Los materiales radiactivos siguen escapando de Fukushima, incluso ahora. Los alimentos contaminados se han infiltrado en el mercado, así que, desgraciadamente, no hay ningún método garantizado para protegerse de la exposición. Abolir la energía nuclear y suprimir la radiactividad de raíz es un modo mucho más rápido de abordar el problema.”

Recorriendo el mismo sendero que transitó Henning Mankell, Kenzaburo Oé quiso transmitir estas palabras a los hombres -"los políticos, los burócratas, los empresarios"- que intentan imponer a las futuras generaciones la difícil tarea de deshacerse de los residuos radiactivos que se han generado y siguen generándose "por culpa de una política energética que pone la capacidad de producción y la fortaleza económica por delante de todo lo demás". De hecho, señalaba, "quiero transmitir estas palabras a las mujeres -las jóvenes madres- que rápidamente se han dado cuenta de los peligros que se les plantean a sus hijos y tratan de encarar el problema de frente". Después de que los ciudadanos italianos rechazaran la reanudación de las operaciones en sus centrales nucleares en 1987, fue el primer país europeo tras Suecia "un funcionario de alto rango del Partido Democrático Liberal de Japón atribuía el resultado del referéndum a la "histeria colectiva", dando a entender que el poder de las mujeres estaba detrás de los resultados", añadía el escritor nipón.

Una mujer italiana de la industria del cine, recordó Oé, respondió a la inhumana descalificación del político neoliberal: "Es probable que los hombres japoneses se vean empujados a la acción por una *histeria colectiva* que pone la productividad y el poderío económico por delante de todo lo demás. *Hablo solamente de hombres porque, se esté donde se esté, las mujeres nunca ponen nada por delante de la vida.* Si Japón no solo perdiese su condición de superpotencia económica sino que además cayese en una pobreza prolongada, ¡todos sabemos por las películas japonesas que las mujeres superarían esas dificultades!"

Los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki, de los que tanto y tan profundamente nos ha hablado Kenzaburo Oé en muchas de sus obras, la derrota de Japón en la II Guerra Mundial y la subsiguiente ocupación del país por las fuerzas aliadas tuvieron lugar durante su niñez. "Todos éramos pobres. Pero cuando se dio a conocer la nueva Constitución, me impresionó la repetición de la palabra "determinación" en su preámbulo. Me llenaba de orgullo saber que los mayores tenían tanta resolución. "

Hoy, concluía el premio Nobel nipón, a través de los ojos de un hombre mayor, "veo Fukushima y las difíciles circunstancias a las que este país se enfrenta". Añadía: "Y sigo teniendo esperanza en una nueva firmeza del pueblo japonés".

También nosotros mantenemos la misma esperanza.

La esperanza en la firmeza, sabiduría, prudencia y tenacidad del pueblo japonés y en las de todos los ciudadanos informados, comprometidos y organizados del mundo.

De nuevo, conviene insistir hasta el agotamiento, "¿Nuclear? No, gracias". No en nuestro nombre. Contra la sinrazón atómica, contra el ecosuicidio nuclear.

Notas

1) Dos núclidos son isótopos si tienen el mismo número de protones, es decir, si pertenecen a un mismo elemento, pero tienen en cambio diferente número de neutrones. Todos los isótopos (o isotopos) de un elemento ocupan el mismo lugar en la tabla periódica de elementos y tienen las mismas propiedades químicas, pero no físicas.

2) El conjunto de actividades tecnológicas directa o indirectamente implicadas en procesos de fisión y fusión nuclear, procesos en los que se escinden o fusionan núclidos con gran liberación de energía cinética o radiante (denominada radiación ionizante) es llamado actividad nuclear. Esta actividad tiene tres aplicaciones principales: la militar, la generación de energía y la producción artificial de radionúclidos.

3) Eduard Rodríguez Farré, "El síndrome de Tsuruga (Energía nuclear y violencia institucional)", *mientras tanto*, nº 8, 1981, pp. 15-21.

4) Uranio con mayor proporción del isótopo 235 que del natural. Es necesario para su uso en las centrales o en armamento nuclear. La denominación, uranio enriquecido, tiene fines político-publicitarios de manipulación. Sobre su uso militar, véase Jordi Joan Baños, "La peste de la guerra" <http://www.lavanguardia.com/internacional/20171225/433872875031/peste-guerra-terrorismo-ambiental.html>.

5) Por contraste, al uranio 238, que se origina en el complejo proceso de separación isotópica, se le ha denominado, eufemísticamente como decíamos, *uranio empobrecido*. La denominación *-depleted uranium* en inglés; literalmente uranio gastado, agotado- no deja de ser extremadamente utilitarista. Es uranio empobrecido en isótopo de peso atómico 235, pero enriquecido en el abundante isótopo 238. Es el utilizado para ciertas finalidades, especialmente en los reactores plutónigenos militares y en la elaboración de obuses de gran poder perforante.

6) En física nuclear el periodo de semidesintegración, también llamado *semivida*, es el lapso de tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de una sustancia radiactiva. Se toma como referencia la mitad de ellos debido al carácter aleatorio de la desintegración nuclear.

7) Miles de renos tuvieron que sacrificarse en el Ártico tras Chernóbil. Estaban contaminados por los líquenes que habían ingerido. Un Ártico, ciertamente, también en transformación por el cambio climático: el permafrost se está descongelando con mayor rapidez. Aproximadamente el 79% del hielo sobre el océano es delgado y de solo un año de antigüedad; en 1985, el 45% de ese hielo era grueso y más viejo. <https://apnews.com/e0f7fa48794e4c5c853af3e8bab52c89/Permafrost-del-%C3%81rtico-se-descongela-con-m%C3%A1s-rapidez>

8) Más rigurosamente: el REM es la unidad de medida de la dosis absorbida teniendo en cuenta la diferencia cualitativa de las distintas radiaciones (X, gamma, alfa, etc). Se expresa en J/kg. Es el producto del rad por el factor de efectividad, el RBE (Relative Biological Effectiveness). Es la antigua unidad de dosis equivalente y efectiva. Su valor es el de 0,01 Sv. El sievert (sv) es la unidad de *dosis equivalente* y de *dosis efectiva*.

9) T. Tsuda, A. Tokinobu, E. Yamamoto & E. Suzuki: Thyroid Cancer Detection by Ultrasound Among Residents Ages 18 Years and Younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. *Epidemiology* 27(3), 316-322 (2016).

