¿Cómo está Fukushima ocho años después del accidente nuclear?

EDUARDO GALLEGO DÍAZ
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Han pasado ya ocho años desde la triple catástrofe que asoló la región central de la isla de Honshu en Japón, tras producirse el mayor terremoto y *tsunami* de la historia de ese país, causando graves daños sobre todo en la zona oriental de las prefecturas de Iwate, Miyagi y Fukushima. A consecuencia del *tsunami*, que excedió con creces lo previsto en su diseño, la central nuclear de Fukushima-Daiichi sufrió graves daños en cuatro de sus unidades, provocando una gran liberación radiactiva tanto a la atmósfera como al mar. El accidente fue clasificado en el máximo nivel de la escala internacional de sucesos nucleares y radiológicos (INES nivel 7), y su gravedad motivó que las autoridades japonesas implementaran drásticas medidas de protección para proteger a la población de los posibles efectos de la radiactividad liberada. En esta breve nota se resumen los aspectos principales de la situación en la central y en la zona al cumplirse este octavo aniversario. En 2016, RADIOPROTECCIÓN (nº 85) (www.sepr.es/recursos/revista/RP85/) publicó un resumen comparativo de las causas y efectos de los accidentes de Chernóbil y Fukushima [1] (https://bit.ly/2Ydm39Q), cuya lectura sigue siendo muy recomendable.

BALANCE DE VÍCTIMAS Y DAÑOS DE LA TRIPLE CATÁSTROFE

A fecha actual (8 de marzo de 2019) la Agencia Nacional de Policía de Japón [2] cifra el total de víctimas del terremoto y *tsunami* en 15 897 muertos y 2533 desaparecidos, junto a 6157 heridos. El número de edificios derrumbados totalmente fue de 121 990, siendo 282 900 los colapsados en parte, además de casi 800 000 con daños. Las cifras son mareantes si además se añaden los daños en infraestructuras públicas: más de 4000 carreteras, 116 puentes, 207 corrimientos de tierra, 45 diques y 29 vías férreas. La prefectura más dañada fue la de Miyagi, seguida por las de Iwate y Fukushima. En esta última, el número de víctimas fue de 1614 muertos, 196 desaparecidos y 183 heridos.

Pero, superpuesto a ello, el grave accidente nuclear supuso la evacuación de aproximadamente 154 000 personas de la prefectura de Fukushima, y una severa alteración de sus vidas. Aunque no se produjo ningún fallecimiento por causa de la radiación, según algunas agencias de Japón - principalmente de la prefectura de Fukushima - la evacuación y las condiciones posteriores de los evacuados, han podido causar en sí mismas más de 2250 decesos [3], siendo significativo sobre todo entre las personas enfermas y ancianas que fueron evacuados con urgencia y vieron agravado su estado de salud por ello. En esa cifra se incluyen los evacuados por el triple desastre.

SITUACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR Y RETOS PARA SU DESMANTELAMIENTO

En la central nuclear, el combustible, las vasijas y las contenciones de los reactores 1, 2 y 3 se mantienen a una temperatura, generalmente por debajo de 30° C [4], gracias a la inyección permanente de agua dulce. Hubo una fusión y deterioro masivo del combustible de los tres reactores (el n° 4 se había vaciado para mantenimiento), así como rotura de las vasijas y caída del material fundido al fondo de la cavidad del reactor, en donde se ha solidificado y se mantiene frío, según se va pudiendo comprobar tras lograr introducir pequeños robots exploradores.

Las piscinas de almacenamiento de combustible gastado también se mantienen a temperaturas generalmente por debajo de 30° C gracias al enfriamiento en circuito cerrado implementado desde el accidente. La extracción de los elementos combustibles de la piscina del reactor 4 fue completada a finales de 2014, sin encontrar elementos combustibles dañados. La misma operación para el reactor 3 se iniciará en la primera mitad de 2019. Para las piscinas de los reactores 1 y 2, la recuperación de combustible se anuncia alrededor de 2023.

Como segunda fase en el plan de acción, la eliminación de combustibles degradados en los reactores 1 al 3 es objeto de un vasto programa de investigación para desarrollar equipos operados a distancia para explorar en el interior de los reactores, pequeños robots capaces de soportar muy altos niveles de radiación, desplazarse por entornos muy irregulares e incluso operar y desplazarse bajo agua. Posteriormente se habrán de diseñar los dispositivos necesarios para la extracción de los combustibles. En enero de 2018 y febrero de 2019, TEPCO observó por medio de un robot el deterioro del núcleo del reactor 2. El comienzo de la extracción de los "escombros" de los combustibles degradados de los tres reactores se prevé para un poco más allá de 2020.

La tercera y última fase conducirá al desmantelamiento completo de las instalaciones en un plazo estimado de 30 a 40 años.

CONTROL DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Sin embargo, uno de los principales retos para TEPCO es controlar la infiltración de agua en los sótanos de los edificios, evitando que se mezcle con el agua inyectada para enfriar los reactores 1, 2 y 3 [4] ya que, al contacto con el material del combustible fundido, se contamina significativamente, debiendo impedir también su fuga al océano. Para ello, según se muestra en la Figura 1, se han instalado sistemas de bombeo y derivación de las aguas de los acuíferos que confluyen en el emplazamiento, junto con barreras de sellado mediante la congelación del subsuelo que rodea los edificios de los reactores. Ello ha reducido el volumen diario de agua que se infiltra a menos de la cuarta parte de lo que había en 2014, siendo actualmente del orden de unos 110 m^3/día. El agua que pasa por los edificios de reactor y turbina de cada unidad, se almacena para su posterior depuración, con dispositivos que permiten la extracción de los elementos radiactivos, (dominantemente cesio y estroncio) excepto el tritio y algunos otros productos radiactivos en trazas [5]; el problema es que toda el agua tratada debe almacenarse en tanques hasta que se pueda autorizar su descarga, suponiendo un volumen actualmente de más de

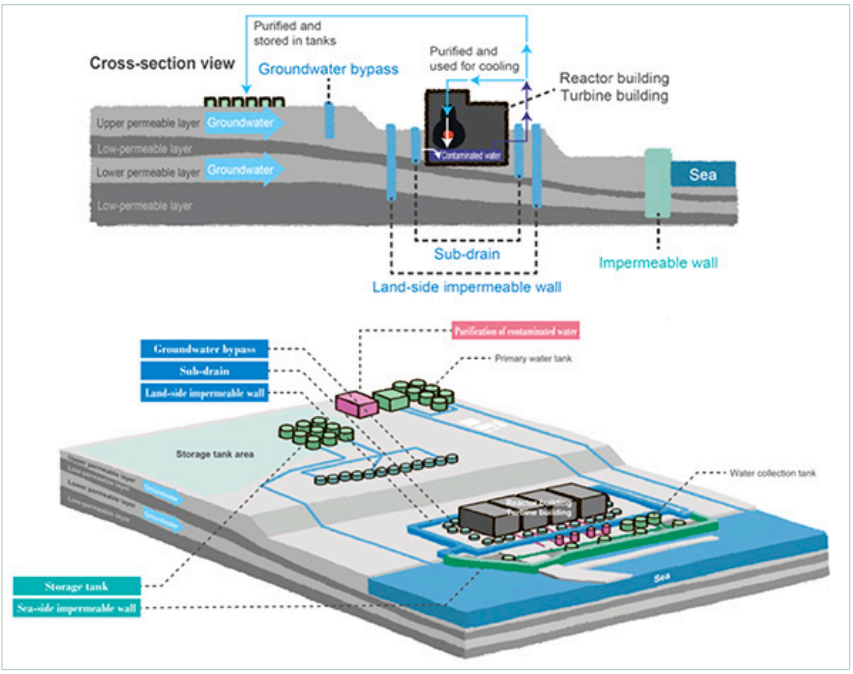

Figura 1. Esquema de los sistemas empleados para controlar el ingreso de agua subterránea en los edificios de los reactores y evitar las descargas de agua contaminada al océano. Fuente: Tokyo Electric Power Company Holdings, TEPCO.

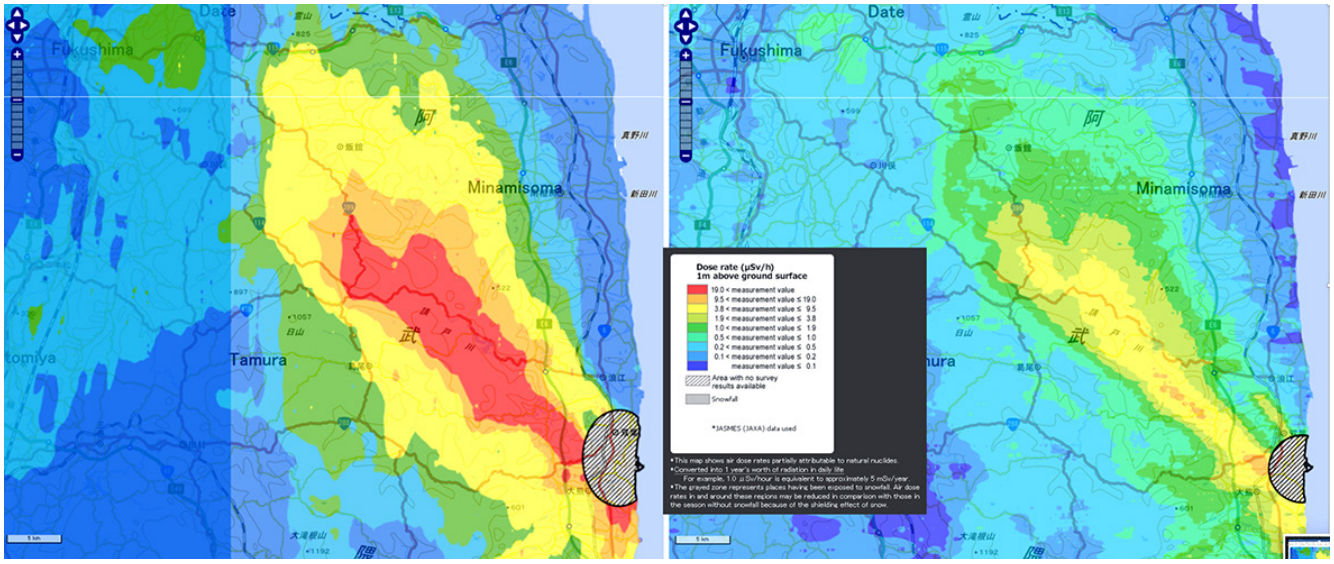

Figura 2. Mapas de tasa de dosis a 1m de altura sobre el terreno, obtenidos a partir de medidas en vuelos a baja altura en abril de 2011 y noviembre de 2018. Fuente: https://ramap.jmc.or.jp/map/eng/

1 millón de m^3. Para evitar cualquier fuga de agua al océano, se ha construido una barrera subterránea en el frente de costa de los edificios de los reactores dañados, que ha demostrado ser muy eficaz desde que se terminó en 2015.

El plan de acción para desmantelar las instalaciones continúa sin pausa, con aproximadamente 5500 trabajadores, cuya dosis mensual media es de 0,35 mSv [4].

NIVELES DE CONTAMINACIÓN MEDIOAMBIENTAL Y SU EVOLUCIÓN

La acción conjunta de la desintegración radiactiva y la meteorización del material radiactivo depositado sobre la zona más contaminada, al noroeste de la central, han hecho disminuir sensiblemente los niveles de tasa de dosis en toda la zona, según se observa en la Figura 2. Por su parte, la Figura 3 indica la tasa de dosis medida en continuo en varios puntos de la prefectura. Cabe afirmar que en las zonas habitadas, tras el programa de descontaminación aplicado, hoy en día no hay ningún motivo de preocupación, como se comprueba al observar estos valores. Además, toda persona puede solicitar un control dosimétrico individual que permite registrar la tasa de dosis horaria, para un mejor control.

Por otro lado, la contaminación de todos los alimentos producidos en la prefectura de Fukushima se comprueba rigurosamente, incluyendo el arroz y los productos agrícolas, ganaderos, forestales y pesqueros, a fin de que ninguna partida con niveles por encima de 100 Bq/kg de Cs-137 pueda llegar a ser comercializada [3].

SEGUIMIENTO RADIOLÓGICO Y SANITARIO

La estimación de dosis realizada tras el accidente para los aproximadamente 465 000 residentes en la prefectura de Fukushima (excluidos los trabajadores de las centrales nucleares), indicaba que un 62 % habrían recibido dosis externas inferiores a 1 mSv en los primeros 4 meses después del accidente, y el 99,8 % menos de 2 mSv [8]. La dosis externa máxima recibida se estima en 25 mSv. Por ello, según concluía el informe del UNSCEAR [7] no cabe esperar un aumento discernible de la incidencia de efectos en la salud relacionados con la radiación entre la población general expuesta y su descendencia.

Con respecto a los posibles efectos en tiroides de niños, en diciembre de 2018, la Universidad Médica de Fukushima (UMF) ha publicado un informe actualizado sobre las campañas de detección del cáncer de tiroides mediante

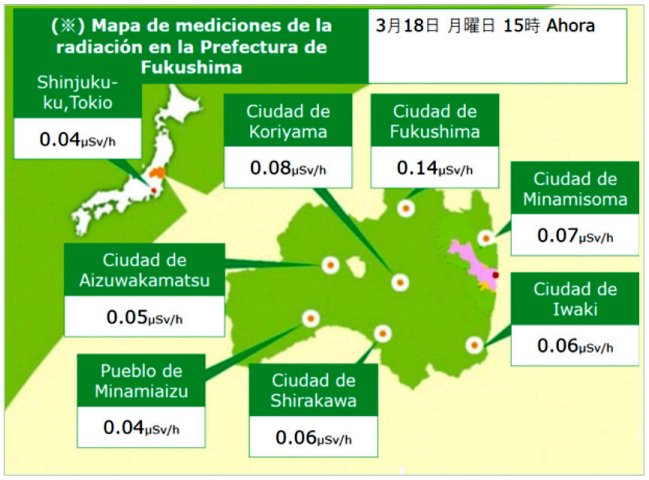

Figura 3. Tasas de dosis a 1m sobre el suelo, medidas en continuo en distintas ciudades (18 de marzo de 2019). Fuente: Prefectura de Fukushima, http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-es/

examen ultrasónico [8]. En el conjunto de estudios se han incluido unos 381 000 niños, de los que 217. 472 han participado en el más reciente. La ecografía de tiroides reveló la presencia de nódulos o quistes en un 65 %, de los cuales se ha confirmado la presencia de cáncer de tiroides de tipo adenocarcinoma papilar en 13 niños que se sometieron a extirpación quirúrgica. Hay indicaciones de que esa alta frecuencia de nódulos tumorales de la tiroides estaría relacionada con el hecho de haber examinado a toda la población, ya que la presencia de nódulos y quistes es muy habitual en general, no pareciendo que pueda ser un efecto inducido por la radiación recibida como resultado del accidente [8], puesto que los niveles de dosis estimados para los niños son muy bajos para la mayoría de ellos, y muy pocos pudieron recibir dosis de tiroides de más de 100 mGy debido a la inhalación de yodo radiactivo.

En cuanto al seguimiento de las mujeres que estaban embarazadas en el momento del accidente y de sus hijos (aproximadamente 20 000 en la prefectura de Fukushima), con el tiempo ha disminuido ligeramente la tasa de participación en las encuestas epidemiológicas. De acuerdo con los informes más recientes y el informe publicado en diciembre de 2018 por la UMF [8], las tasas de abortos involuntarios, de partos prematuros, y de bebés con bajo peso al nacer o con anomalías congénitas son similares a las observadas para Japón en su conjunto.

Todos los evacuados en las semanas posteriores al accidente son invitados una vez al año para un chequeo médico completo [8]. La tasa de participación va disminuyendo lo cual sugiere una menor preocupación de los evacuados por su salud. En cuanto a la evaluación del impacto del accidente en la salud mental de los evacuados, también se observa una disminución regular en la tasa de participación en las encuestas, indicativo de su menor preocupación [6]. Por otro lado, los tratamientos por depresión o ansiedad han disminuido de un 14,6 % en 2011 al 6,8 % en 2016, si bien sigue siendo mayor que el promedio en Japón (3 %) [8].

SITUACIÓN DE LA POBLACIÓN EVACUADA Y PERSPECTIVAS

Desde junio de 2015, el Gobierno japonés comenzó a anular las órdenes de evacuación emitidas para todas las zonas excepto las de exclusión, permitiendo a los habitantes volver a sus hogares. Hasta marzo de 2017 se han llevado a cabo los primeros movimientos de cara al retorno a los hogares. Las zonas de exclusión en la actualidad ocupan un 2,7 % del territorio de la prefectura de Fukushima (371 km²) (Figura 4), con 43 213 personas aún evacuadas a finales de 2018, de ellos 10 054 dentro de la propia prefectura de Fuksuhima [3].

Sin embargo, a pesar de la descontaminación de zonas habitadas y del levantamiento de las órdenes de evacuación por parte del Gobierno y los municipios, la tasa de retorno de los evacuados es relativamente baja. La decisión de volver a casa no es evidente para las poblaciones afectadas. Esta cuestión ha sido estudiada en un proyecto conjunto del IRSN francés con Sciences Po medialab y la Universidad Tokyo Tech [9]. En el estudio se han identificado 6 categorías de habitantes, basándose en su decisión de regresar o no a los territorios evacuados después de que se emitieron las órdenes de evacuación. Esta categorización muestra la diversidad de situaciones, según la edad, la situación familiar, por ejemplo, si hay o no niños en el hogar, la aceptación de las medidas de gestión implementadas tras el accidente o incluso la confianza que tienen en los expertos gubernamentales y su evaluación de la situación radiológica.

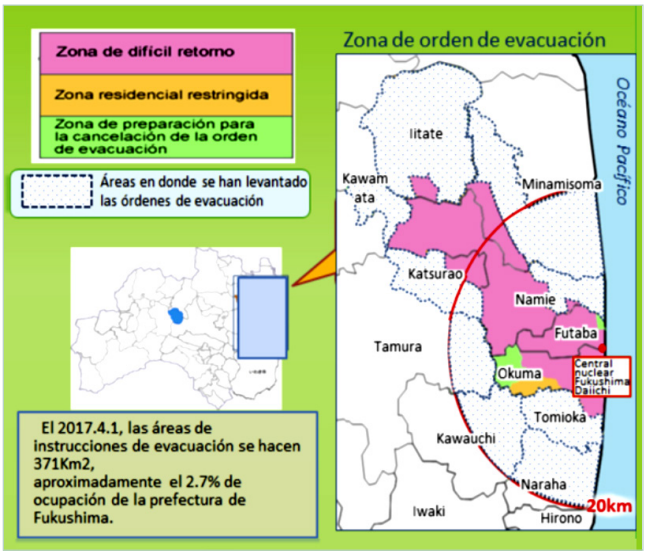

Figura 4. Zonas evacuadas, situación desde el 1 de abril de 2017. Fuente: Prefectura de Fukushima, https://bit.ly/2oAyygQ

Un primer grupo de personas están experimentando su regreso como un alivio después de traslados sucesivos y no han dudado en regresar. Suelen ser sobre todo personas mayores que quieren vivir lo más posible "como antes", sin tomar en consideración más recomendaciones. Un segundo grupo está regresando después de que se levantara la orden de evacuación; han adoptado la "cultura de protección radiológica" promovida por las autoridades (monitoreo dosimétrico, mediciones radiológicas, etc.), y tienen confianza general en la política de gestión posterior al accidente. Otro grupo ha regresado a pesar de sus dudas, pero se preocupan diariamente por la situación radiológica y no están seguros de haber tomado "la decisión correcta", lo que les causa gran ansiedad. Se sienten presionados por el Gobierno, en particular con la supresión del subsidio pagado a los evacuados un año después del levantamiento de la orden de evacuación, y también por la necesidad de ser "leal" a la comunidad de origen. Esta categoría está compuesta esencialmente por familias con niños pequeños.

Un cuarto grupo está formado por habitantes que van a los territorios impactados solo para trabajar allí, pero que viven en el área adonde fueron evacuados. Esto es una fuente de tensión y desacuerdo con aquellos que han elegido regresar "completamente". Además, esto supone tener que hacer frente a su reasentamiento por sí mismos en otro lugar, sin ayudas financieras. Otro grupo de personas se está planeando su regreso en el futuro, normalmente una vez que los hijos ya se independicen de los padres, para poder atender a los padres ancianos que ya se han reasentado. Finalmente, hay un grupo de personas que han rehecho su vida fuera de la zona y que, frecuentemente, también han desarrollado una profunda desconfianza hacia las autoridades. Su decisión se explica en general para proteger a los niños de la radiactividad. Esta opción no siempre se comparte dentro de las familias, y ello ha producido muchos casos de divorcios. La decisión de no retornar también ha estado acompañada a menudo por una conciencia y oposición política hacia la gestión posterior al accidente liderada por el Gobierno.

Todo ello demuestra la tremenda complejidad de las situaciones posaccidentales, debiendo extraer conclusiones y aprender de la experiencia de Fukushima para mejorar nuestra preparación frente a este tipo de accidentes. ■

REFERENCIAS

[1] Gallego, E. Fukushima cinco años después – Chernóbil treinta años después. Balance en síntesis. RADIOPROTECCIÓN, 85, 43-46 (2016). Extracto. https://bit.ly/2Ydm39Q.

[2] National Police Agency of Japan. Emergency Disaster Countermeasures Headquarters. Police Countermeasures and Damage Situation associated with 2011Tohoku district - off the Pacific Ocean Earthquake (March 8, 2019). http://www.npa.go.jp/news/other/earthquake2011/pdf/higaijokyo_e.pdf

[3] Prefectura de Fukushima. Estación de rehabilitación de Fukushima. (página web en español). http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-es/list458.html

[4] Tokyo Electric Power Corporation. Fukushima Daiichi Decommissioning Project. https://www7.tepco.co.jp/responsibility/decommissioning/index-e.html

[5] Tokyo Electric Power Corporation. Treated water portal site. Enlace: https://bit.ly/2FsGxnN

[6] Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – IRSN. Fukushima Daiichi, huit ans après l'accident (2019). https://bit.ly/2FtnZUc

[7] United Nations. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), UNSCEAR 2013 Report, Vol. I, Scientific Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2014).

[8] Fukushima Medical University. Report of the Fukushima Health Management Survey. Revised version 5 December 2018. Enlace: https://bit.ly/2TZSk54

[9] Fassert, C. and Hasegawa R. Shinrai research Project: The 3/11 accident and its social consequences. Case studies from Fukushima prefecture. Rapport IRSN/2019/00178. Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire–IRSN (2019). Enlace: https://bit.ly/2JvpzJl