

CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
¿Cuándo ocurrió?	
26 de abril de 1986	11 de marzo de 2011
¿Dónde ocurrió?	
N de Ucrania, a 130 km de Kiev y a 20 de Bielorrusia	Costa NE de Japón, prefectura de Fukushima
¿Cuáles fueron las causas principales?*	
Diseño inadecuado, reactor con inestabilidad intrínseca a poca potencia, falta de sistemas de protección efectivos. Realización de una prueba experimental tras desconectar el sistema de protección. Accidente de reactividad seguido de explosiones de vapor e hidrógeno. Falta de preparación de los operadores y falta de cultura de seguridad en el equipo humano.	<i>Tsunami</i> posterior al Gran Terremoto del Japón oriental, de magnitud 9.0 en la escala de Richter. Diseño inadecuado para hacer frente a una ola de aprox. 15 m de altura; muro de contención de 5,5 m; inundación de sistemas esenciales (entre ellos, los generadores diésel de emergencia) y apagón total. Pérdida de refrigeración en tres reactores y en cuatro piscinas de enfriamiento de combustible gastado. Recalentamiento del combustible, oxidación y liberación de hidrógeno, seguida de explosiones. Combustible de tres reactores fundido.
¿Cuánta radiactividad se escapó al medioambiente de los isótopos principales desde el punto de vista radiológico?	
Atmósfera [1]: I-131: aprox. 1760 PBq** Cs-137: aprox. 85 PBq Xe-133: 6.500 PBq	Atmósfera [2]: I-131: entre 100 y 400 PBq Cs-137: entre 7 y 20 PBq Xe-133: entre 6.000 y 12.000 PBq Océano [2]***: I-131: entre 10 y 20 PBq Cs-137: entre 1 y 6 PBq
¿Cuál fue la extensión de las zonas contaminadas por Cs-137? [4]	
La Figura 1 representa los mapas de depósito de Cs-137 en ambos accidentes en la misma escala espacial.	
Entre 37 y 185 kBq/m²: 116.900 km² Entre 185 y 555 kBq/m²: 19.100 km² Entre 555 y 1.480 kBq/m²: 7.200 km² Por encima de 1.480 kBq/m²: 3.100 km²	Entre 37 y 185 kBq/m²: 3.248 km² Entre 185 y 555 kBq/m²: 844 km² Entre 555 y 1.480 kBq/m²: 264 km² Por encima de 1.480 kBq/m²: 132 km²
¿Cuánta población fue evacuada en los primeros días?	
45.000 personas (de Prypiat) en las primeras 48 h y 116.000 personas en total en el primer mes (dentro de los 30 km).	Aprox. 150.000 personas se vieron afectadas en los primeros días por evacuaciones o confinamiento en el interior de sus casas. Inicialmente se evacuaron los habitantes hasta los 20 km de distancia, unos 78.000.
¿Y cuanta población fue trasladada posteriormente?	
Otras 220.000 personas en años posteriores, en aplicación del criterio de no superar 350 mSv como límite de dosis integrada durante toda la vida (establecido en 1990). Zonas con más de 1480 kBq/m² – traslado general. Zonas con más de 555 kBq/m² – traslado de familias con niños	El 22 de abril de 2011 se tomó la decisión de evacuar a los habitantes de la franja noroeste más contaminada hasta unos 40 km; siendo evacuadas unas 10.000 personas más.
¿Cuánta población sigue trasladada a fecha actual?	
Apenas ha habido retorno de población. En la “zona prohibida” en torno a la central, se autorizó el retorno oficial de aprox. 1.000 habitantes, fundamentalmente personas de edad avanzada a los pocos años. En 2011 la zona se declaró abierta al turismo. Desde 2011, el gobierno de Bielorrusia está desarrollando un plan de desarrollo socioeconómico y de infraestructuras de las zonas que fueron evacuadas en 1990, para permitir el retorno progresivo de las poblaciones afectadas (unas 137.000 personas) de las regiones de Gomel y Mogilev en 2020 [5].	81.300 personas siguen evacuadas. Se ha autorizado ya el retorno en varias poblaciones de la zona suroeste (Tamura City, Kawauchi Village, Naraha City). En aquellas cuya tasa de dosis externa es inferior a 20 mSv/año, tras completar la descontaminación de zonas urbanas, se espera levantar la orden de evacuación en 2017. Quedarían así trasladados de forma definitiva aprox. 24.100 habitantes de las zonas más contaminadas.

CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
¿Qué dosis de radiación recibieron y reciben actualmente los trabajadores de la central?	
Los aprox. 530.000 soldados y trabajadores que intervinieron en la mitigación y limpieza de la central (los llamados "liquidadores"), recibieron una dosis media de 120 mSv, las dosis registradas varían desde menos de 10 mSv hasta más de 1.000 mSv, si bien un 85% estuvo entre 20 y 500 mSv, con una incertidumbre de entre un 50% y un factor 5 [3]. Actualmente, se está terminando de construir una nueva estructura de confinamiento seguro bajo la cual se podrá ir desmantelando el "sarcófago" y la propia central. Se trata de una construcción singular, de gran complejidad técnica, con más de 3.600 trabajadores, cuya dosis media en 2015 fue de 3,8 mSv. En el resto de trabajos, el control dosimétrico es normal, estando siempre por debajo de los límites de dosis para trabajadores expuestos en situaciones planificadas [5].	Durante el accidente 174 trabajadores recibieron dosis por encima de 100 mSv. De ellos, solamente seis recibieron más de 250 mSv [2] (desde 309 hasta 678 mSv). 13 trabajadores recibieron dosis en el tiroides de entre 2 y 12 Gy, por inhalación de I-131 en los momentos de las explosiones iniciales [7]. Actualmente, en el Plan de control y desmantelamiento, cada día trabajan en la central unos 6.800 trabajadores. Se trabaja en condiciones planificadas para no superar los límites de dosis reglamentarios. En febrero de 2016, solamente 12 trabajadores superaron 10 mSv. 🌐
¿Qué dosis de radiación recibió y recibe actualmente la población?	
Durante los primeros 20 años, en las zonas contaminadas por encima de 1480 kBq/m², 23.000 personas recibieron hasta 121 mSv, de los que 46.4 correspondieron al primer año. Para los habitantes del siguiente rango de contaminación, entre 555 y 1.480 kBq/m², unos 193.000, la dosis media acumulada fue de 53 mSv, siendo 17.6 mSv los recibidos en el primer año [3]. Para el conjunto de las personas que siguieron residiendo en las zonas contaminadas (unos 6.400.000) la dosis promedio en ese periodo fue de 9 mSv [3], si bien las dosis en algunos individuos pueden ser mucho mayores que el promedio, dependiendo de sus hábitos individuales. Hoy en día, la mayor parte de la población no supera 1 mSv/año, pudiendo considerarse que en zonas habitadas la situación radiológica es normal.	A partir de encuestas sobre la población más afectada, realizadas por la Univ. Médica de Fukushima, se ha estimado que el 99,8% de las personas no recibió más de 5 mSv en los cuatro primeros meses, y solamente una pequeña minoría pudo superar los 10 mSv [2]. Actualmente, a partir de medidas con dosímetro electrónico, la mayor parte de la población no alcanza 1 mSv/año por encima del fondo radiactivo natural. [2]
¿Cuántas personas sufrieron el Síndrome de Radiación Agudo (SRA)? Y ¿cuántos fallecidos hubo por causa del accidente en los primeros periodos (días-semanas)?	
Durante el accidente, 237 trabajadores y bomberos hubieron de ser hospitalizados, y de ellos 134 recibieron dosis suficientes como para causar el SRA. 28 fallecieron en pocos meses [3]. Otros dos trabajadores fallecieron por diversas causas durante el accidente. Durante el periodo 1987-2004 se produjeron entre los afectados del SRA otros 19 fallecimientos, sin que todos los casos puedan ser atribuidos a la radiación. Los supervivientes del SRA han tenido en su mayoría lesiones serias en la piel, cataratas y otras enfermedades.	No se ha observado ningún efecto temprano de la radiación a causa del accidente [2, 7]. Tres trabajadores fallecieron durante el accidente por los efectos del terremoto y posterior tsunami. Ninguno por radiación.
¿Cuánta dosis recibieron los niños en el tiroides? y ¿cuántos niños han sufrido cáncer de tiroides?	
Las dosis en el tiroides fueron particularmente altas en los que eran niños y adolescentes en los primeros meses después del accidente y bebieron leche con alto contenido de yodo radiactivo de las zonas más afectadas, alcanzando valores entre. Casi 8000 recibieron dosis superiores a 5 Gy en Bielorrusia y Ucrania, y estuvieron por encima de 1 Gy unos 19300 [3]. Hasta 2005 se habían diagnosticado 6846 casos de cáncer de tiroides que podrían atribuirse a la ingestión del yodo radiactivo. Los registros posteriores no están publicados, aunque se considera que continua la tendencia creciente.	A partir de medidas de tasa de dosis directa sobre la glándula tiroides, se han estimado dosis equivalentes inferiores a 10 mSv aproximadamente en el 95,7 % de los niños (con un máximo de 43 mSv) [2]. En todo caso, el valor máximo a nivel de distrito es de unos 80 mGy [2, 9]. Tras el accidente se ha llevado a cabo un programa de cribado mediante examen con ultrasonidos a toda la población que tuviera menos de 19 años en el momento del accidente (aprox. 300.000 individuos), lo que ha detectado 113 casos de cáncer de tiroides. Sin embargo, los expertos coinciden en que no es plausible su origen radioinducido [2, 6].

CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
¿Cuántos fallecidos por cáncer u otras causas se han podido constatar hasta ahora?	
Hasta 2005 se habían producido 15 muertes entre los afectados de cáncer de tiroides. Entre los habitantes y trabajadores que recibieron dosis mayores, hay indicaciones claras de incrementos en la incidencia de leucemias; sin que se disponga de cifras exactas, el número de leucemias puede ser de más de 200 entre la que era población infantil, y de otros tantos entre los "liquidadores". Para otros cánceres, se está constatando un incremento claro entre los "liquidadores". En el registro de Rusia se llevan contabilizados ya 2422 muertes por cáncer (1992 a 2009) entre un colectivo de 65.000 individuos [5].	No hay fallecidos por causa de la radiación. Según algunas agencias de Japón, principalmente de la Prefectura de Fukushima, la evacuación pudo haber causado en sí misma más de 1.000 (hasta 1.656) decesos en los días y semanas posteriores, sobre todo entre las personas enfermas y ancianas que fueron evacuados con urgencia [6].
Según los estudios clínicos y epidemiológicos ¿qué otros efectos se han observado o cabe esperar a causa del accidente?	
Los estudios clínicos entre los colectivos más afectados prosiguen, no sin dificultades debido a la separación de los tres países afectados (Ucrania, Bielorrusia y Rusia). Entre los "liquidadores" y entre la población más expuesta (por encima de 20 mSv) parece haber incrementos de enfermedades cardiovasculares, así como de cataratas radioinducidas. No hay evidencias de incremento en malformaciones congénitas entre los nacidos tras el accidente [5]. El impacto social y los daños psicológicos y sobre la salud mental, son muy elevados entre la población y tal vez sean los más graves [3] [5]. Para poder hacer un balance final del impacto sanitario, hay en curso distintos estudios y aún se deberá esperar varias décadas.	Según el UNSCEAR [7] "las dosis recibidas por la población general, tanto las registradas durante el primer año como las estimadas para toda la vida, son por lo general bajas o muy bajas. No se prevé un aumento discernible de la incidencia de efectos en la salud relacionados con la radiación entre la población general expuesta y su descendencia". El estudio publicado en 2013 por la OMS [8], basándose en estimaciones preliminares de dosis, conservadoras en general, resaltaba no obstante la importancia de mantener programas de vigilancia sanitaria sobre los colectivos afectados. Estudios sobre la salud mental y el modo de vida confirman que la población afectada experimentó un sufrimiento considerable y presentó síntomas de trastorno de estrés posttraumático y otros problemas psicológicos en ocasiones graves [9].
*La descripción de las causas principales es un resumen de la opinión del autor. **PBq, Petabecquerel. Equivale a 1015 Bq = 1.000.000.000.000 (mil billones). 1PBq = 27.027 Ci *** Estas cifras se corresponden con las descargas directas al mar. El depósito desde la atmósfera sobre el océano Pacífico se ha estimado mediante distintos modelos pero es más un ejercicio de interés científico que práctico.	

Referencias:

- [1] International Atomic Energy Agency, Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment", Radiological Assessment Reports Series No. 8, IAEA, Vienna (2006).
- [2] International Atomic Energy Agency, The Fukushima Daiichi accident. IAEA, Vienna (2015).
- [3] United Nations, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), UNSCEAR 2008 Report, Vol. II, Scientific Annex D, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2011).
- [4] T. Homma (Japan Atomic Energy Agency), comunicación directa (2012).
- [5] Société Française de Radioprotection. Journée Technique «Tchernobyl, 30 Ans Après». 15 Mars 2016 (disponible en <http://www.sfrp.asso.fr/manifestations/manifestations/tchernobyl-30-ans-apres.html>, 9,38,0,0,2610).
- [6] Wakeford, R. Chernobyl and Fukushima, We are We Now?. J. Radiol. Prot. 36 (2016) E1-E5 (2016).
- [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] World Health Organization, Health Risk Assessment from the Nuclear Accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, Based on a Preliminary Dose Estimation, WHO, Geneva (2013).
- [9] Hasegawa et al., Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. Lancet; 386: 479-88 (2015).

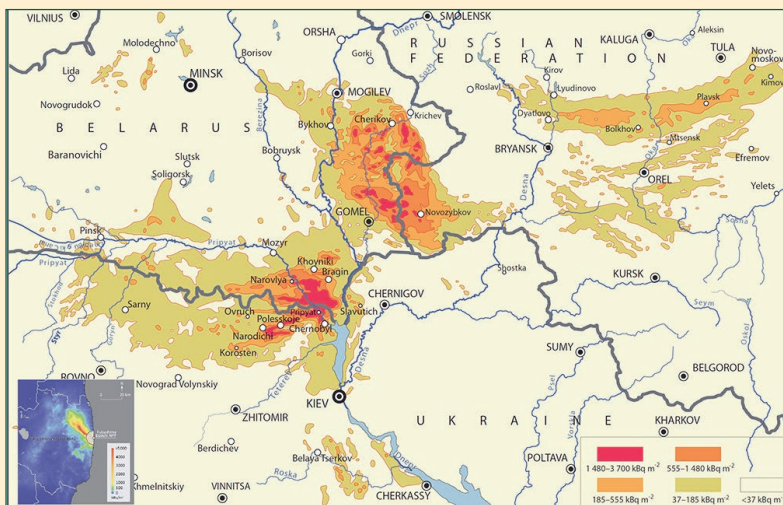


Figura 1. Mapa comparativo de los depósitos de Cs-137 causados por los accidentes de Chernóbil y Fukushima, a similar escala espacial. (Elaborado a partir de [3] y [2]).