

COMPARACION DE RIESGOS DE ACCIDENTE EN DIFERENTES SISTEMAS ENERGETICOS: OBSERVACIONES DE ESPECIALISTAS RUSOS

Un artículo publicado en el Vol. 41, No. 1 de 1999 del Boletín del OIEA --titulado "Comparación de riesgos de accidente en diferentes sistemas energéticos. ¿Hasta dónde son aceptables?"-- ha sido objeto de observaciones formuladas por conducto del Ministerio de Energía Atómica de la Federación de Rusia. El Ministro de Energía Atómica envió al Boletín del OIEA estas observaciones contenidas en una "Carta al editor" de L.A. Bol'shov, Miembro Corresponsal de la Academia de Ciencias de Rusia, y Director del Instituto de Seguridad de la Energía Nucleoeléctrica de la Academia de Ciencias de Rusia; B.A. Gabaraev, Director del Instituto de Investigaciones y Desarrollo de la Ingeniería Nucleoeléctrica; L.A. Il'in, Miembro de la Academia de Ciencias Médicas de la Federación de Rusia y Director del Centro Nacional de Investigaciones-Instituto de Biofísica; y A.F. Tsyb, Miembro de la Academia de Ciencias Médicas de la Federación de Rusia, Presidente de la Comisión Científica de Protección Radiológica de Rusia y Director del Centro de Investigaciones Médicas de la Academia de Ciencias Médicas de Rusia. Las observaciones se reproducen en el presente artículo junto con la lista completa de referencias suministrada.

Los autores del artículo publicado en el Boletín del OIEA --Andrzej Strupczewski, ex funcionario del OIEA en la División de Seguridad de las Instalaciones Nucleares y actual Presidente de la Comisión de Seguridad Nuclear del Instituto de Energía Atómica de Polonia, y Stefan Hirschberg, Jefe de la Sección de Análisis de Sistemas y de Seguridad del Instituto Paul

Scherrer, de Suiza-- ofrecen sus respuestas a esas observaciones a partir de la página 31.

Muchos artículos sobre análisis de los riesgos de accidente de diferentes sistemas energéticos que se comparan con la energía nucleoelectrica comparten ciertos rasgos peculiares, por ejemplo:

■ Al evaluar los riesgos propios de la explotación de esas instalaciones, no se tienen en cuenta las consecuencias del mejoramiento de los reactores RBMK, que se introdujo después del accidente de Chernóbil.

■ En la evaluación integrada de las consecuencias radiológicas del accidente de Chernóbil, se utilizan numerosos estudios que suelen contener datos procedentes de fuentes no fiables y predicciones infundadas, y no se toman en consideración muchos factores sociopolíticos que aumentaron en grado considerable los daños causados por el accidente.

Lamentablemente, el estudio de que se trata, a pesar de su enfoque actual y original, tampoco está exento de esas deficiencias.

Mejoramiento de los reactores RBMK. Después del accidente de Chernóbil, en las centrales nucleares con reactores RBMK se aplicaron, y continúan aplicándose en la actualidad, medidas relacionadas con la reconstrucción y el aumento de la seguridad que no tenían precedente en la práctica mundial. De acuerdo con las evaluaciones probabilistas de la seguridad (EPS) que se realizaron con la ayuda de expertos internacionales [1,2], la probabilidad de que se produzcan accidentes graves en los RBMK ha disminuido en

un factor de dos o más, gracias a las medidas mencionadas.

El índice ponderado medio de seguridad de todos los reactores RBMK en funcionamiento es de 10^{-4} 1/año, y está disminuyendo debido a la reconstrucción, en marcha y prevista, de todas las unidades. Por tanto, todas las centrales nucleares con reactores RBMK están a la par de los WWER soviéticos, de satisfactorio funcionamiento, y de los reactores occidentales de agua en ebullición (BWR) y de agua a presión (PWR), y cumplen las recomendaciones del OIEA respecto del nivel de riesgo de las centrales nucleares de generaciones más antiguas.

Consecuencias radiológicas del accidente de Chernóbil. Los autores del artículo publicado en el Boletín del OIEA proporcionan estimaciones de las consecuencias radiológicas a distancia del accidente de Chernóbil, que oscilan entre 10 000 y 30 000 casos mortales por cáncer radioinducido, y la literatura que existe sobre el tema contiene estimaciones todavía mayores. Sin embargo, los 14 años de experiencia que hemos acumulado en la vigilancia dosimétrica y médica de la población y del personal de limpieza, nos permiten ser algo críticos de esas estimaciones.

Todas las estimaciones de ese tipo se basan en un modelo sin umbral lineal derivado mediante la extrapolación lineal de la dependencia dosis-efecto, comenzando por la dosificación elevada y terminando con las dosis bajas. La validez de este método es muy cuestionable. Todos los datos disponibles (amplia vigilancia de decenas de miles de trabajadores de las industrias nucleares de diversos países y de los integrantes del grupo humano de víctimas de las bombas atómicas lanzadas sobre Japón) indican que no se produce ningún aumento de la incidencia de tumores

malignos cuando los niveles de exposición de todo el cuerpo a corto plazo son menores de 0,1 Sv. Si tenemos en cuenta la atenuación del efecto en condiciones de exposición crónica, el nivel puede fijarse entre 0,2 y 0,5 Sv. Hasta la fecha, no hay pruebas que indiquen que es posible que se produzca un exceso mensurable de tumores y daño genético por debajo de ese umbral práctico [3].

Si aceptamos ese umbral, el concepto de dosis colectiva puede pasarse por alto, en la práctica, al evaluar el riesgo de los efectos estocásticos que las dosis bajas y ultrabajas han producido en grandes poblaciones [3].

Dadas las características específicas de las dosis de exposición recibidas por el público y el personal de limpieza como resultado del accidente de Chernóbil, y las diferencias resultantes en los métodos empleados para predecir y evaluar las consecuencias radiológicas, es preciso estudiarlas por separado.

Consecuencias radiológicas para el público. Durante los primeros años transcurridos después del accidente, se evaluaron las consecuencias radiológicas de toda la dosificación para el público, incluidas las zonas más contaminadas (las llamadas zonas de control estricto, donde vivían unas 270 000 personas), para la población de nueve regiones contaminadas (15,6 millones de personas) y para la población de la parte europea de la URSS (74,9 millones de personas) [4]. En el estudio de que se trata, se utilizaron estimaciones muy conservadoras --elaboradas en 1988--, sobre las dosis de exposición. No obstante, esas estimaciones indicaron que no habría ningún aumento notable de la tasa de mortalidad por neoplasmas radioinducidos por

encima del nivel espontáneo, salvo en el caso de los efectos relacionados con la exposición de la glándula tiroides.

Posteriormente, las estimaciones de las dosis de exposición recibidas por el público se revisaron, en sentido descendente, para tener en cuenta la eficacia real de las medidas de protección aplicadas. Las dosis de exposición externa e interna ya recibidas realmente por las personas empezaron a desempeñar un papel cada vez mayor en la dosis para toda la vida. Al mismo tiempo, en las evaluaciones comenzaron a usarse coeficientes mayores para el riesgo de muertes adicionales (Publicación No. 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica). En el decenio de 1990, la dosis colectiva para los 7,2 millones de personas de la ex Unión Soviética, que vivían dentro de la isolina de 37 kBq/m² (1 curie/km²) se calculó en 70 000 Sv-hombre, y el número de casos hipotéticos de cáncer mortal que se predijo empleando la hipótesis sin umbral lineal se calculó en aproximadamente 3500. Esa cifra constituye el 0,35 % del millón de casos espontáneos de cáncer mortal previsto para este grupo humano [5].

Conforme a las evaluaciones más recientes realizadas durante los 13 años posteriores al accidente, las dosis efectivas pueden compararse con las dosis acumulativas totales recibidas durante el mismo período de fuentes naturales y médicas (> 50 mSv), sólo en las zonas de más alta contaminación de Belarús, Rusia y Ucrania (donde la densidad de la contaminación del suelo con cesio 137 es mayor de 555 kBq/m² [15 curies/km²]). El número total de habitantes que han recibido dosis acumulativas superiores a 50 mSv es de 100 000 aproximadamente. Considerando que ahora ya se ha recibido la mayor parte de la

dosis interna y externa, la dosis colectiva para toda la vida en este grupo humano no excederá los 7000 Sv-hombre. Si suponemos un coeficiente de riesgo de cáncer mortal radiogénico de 5 10⁻²Sv⁻¹ para toda la vida, el número hipotético de neoplasmas mortales radioinducidos previsto puede ser 350. Debe tenerse presente que esa evaluación está relacionada con las dosis de exposición individual recibidas por el público, que son de tres a cinco veces menores que el umbral práctico para la identificación fiable de efectos a distancia.

La gran mayoría de los mencionados 7,2 millones de habitantes de la ex URSS viven en zonas que tienen un nivel de contaminación del suelo con cesio de 30 a 70 kBq/m². Las dosis de exposición acumulativas y pronosticadas para esas personas oscilan entre fracciones de mSv y unos mSv y constituyen una pequeña fracción de la exposición total debida a la radiación natural de fondo y a procedimientos médicos (4 mSv/año, de los cuales 2,8 mSv proceden de fuentes naturales, y 1,2 mSv de prácticas médicas). En vista de lo anterior, sería impropio incluir ese grupo en los cálculos de la dosis colectiva y de la evaluación de riesgos.

Como se pronosticó, unos años después del accidente de Chernóbil se produjo un brusco aumento (de diez veces) del número de trastornos de la glándula tiroides entre grupos de la población que recibieron las dosis de exposición más elevadas en ese órgano, es decir, niños y jóvenes. Por ejemplo, en la región rusa de Bryansk, a comienzos del año 2000, un total de 109 personas que eran niños cuando ocurrió el accidente enfermó de cáncer de tiroides, y de ellas una persona murió [6]. Según un pronóstico

del Registro Nacional de Dosimetría Médica de Rusia (RNMDR), para el año 2006 pueden preverse 360 casos de cáncer de tiroides entre las personas que eran niños y jóvenes en el momento del accidente. Se ha determinado la función del factor radiológico en la inducción del cáncer de tiroides. En el caso de Rusia, sólo se ha establecido para las personas que eran niños cuando ocurrió el accidente y sólo en la región de Bryansk: una tercera parte se debe a la exposición a las radiaciones, mientras que al efecto provocado por los exámenes se debe, como mínimo, el 66 % del aumento de casos de cáncer de tiroides. Cabe señalar que a medida que se reúnen más estadísticas, disminuyen las estimaciones de la función de las radiaciones: en publicaciones anteriores, el 85 % de los cánceres detectados se atribuyó a las radiaciones [7].

En realidad, se ha confirmado que durante todos los años que siguieron al accidente de Chernóbil no ha habido una diferencia significativa en la tasa de mortalidad general ni en la tasa de mortalidad por cáncer entre la población de las zonas contaminadas de Rusia. El riesgo de muerte debido a neoplasmas malignos, incluida la leucemia, en la población de la región de Bryansk --la zona de Rusia de más alta contaminación--, tanto antes como después del accidente, no es muy diferente de las cifras correspondientes a Rusia en su conjunto desde el punto de vista estadístico.

La incidencia de neoplasmas malignos entre la población adulta de las zonas contaminadas de Rusia sigue aumentando, como sucede en el resto de Rusia. No obstante, las comparaciones realizadas entre períodos anteriores y posteriores al accidente, y con otras zonas,

indican que el factor Chernóbil no ha tenido ninguna influencia en ese aumento [8].

Consecuencias radiológicas para el personal de limpieza. Las diferencias observadas en los pronósticos de aumento de la incidencia de cáncer y de mortalidad entre el personal de limpieza obedecen básicamente a diferentes estimaciones del número de personas que trabajaría en la limpieza en distintos años después del accidente y a la distribución de las cargas de dosis en esos grupos humanos.

Actualmente, unas 600 000 personas en Belarús, Rusia y Ucrania poseen certificados de miembros del personal de limpieza. De hecho, en las operaciones de limpieza de la zona de 30 kilómetros participaron casi tres veces menos personas en los años en que las dosis de exposición pueden haber sido significativas para predecir los efectos a distancia. En 1986-1987 sólo algunos miembros del personal de limpieza que eran menos de 250 000 en total, pudieron haber recibido dosis superiores a los 100 mSv. Conforme a las estimaciones bastante conservadoras realizadas por el RNMDR, pueden preverse otras muertes por cáncer radiogénico en el orden de 1000 casos mortales (de 250 000 miembros del personal de limpieza) en general para los tres países [7]. Es importante señalar que todas las estimaciones similares emplean datos procedentes de registros de dosis, es decir, el valor oficialmente confirmado de las dosis de exposición externa para cada miembro del personal de limpieza. Se usaron métodos eficaces y procedimientos ordinarios para su determinación.

Existen también evaluaciones más detalladas de las dosis medias de exposición individual y colectiva recibidas por el

personal de limpieza [9-11] en las que se tiene en cuenta la forma en que se organizó la vigilancia dosimétrica en todas las organizaciones y departamentos que participaron en la operación. De acuerdo con las investigaciones [11], en 1986, la dosis media en 117 000 miembros del personal de limpieza fue de 0,083 Gy, y la dosis colectiva fue de 9888 Gy·hombres; en 1987, las cifras fueron 0,047 Gy y 5100 Gy·hombres, respectivamente. Por tanto, la dosis de la exposición colectiva recibida por el personal de limpieza entre 1986 y 1987 (14 900 Gy·hombres) puede causar aproximadamente otros 600 casos de cáncer mortal, si nos valemos de una hipótesis lineal.

De ahí que pueda pronosticarse un número total de 600 a 1000 casos de cáncer mortal provocados por el accidente de Chernóbil en el personal de limpieza entre 1986 y 1987 en los tres países.

Los años ya transcurridos desde que ocurrió el accidente significan que podemos confiar más plenamente en los resultados de la vigilancia médica a que fue sometido el grupo humano compuesto por el personal de limpieza. Entre 1986 y 1989, se sometió a vigilancia un total de 180 000 miembros del personal de limpieza ruso por conducto del RNMDR. Los hechos muestran que la tasa de mortalidad global del personal de limpieza fue estadísticamente menor que la tasa de mortalidad del grupo testigo integrado por miembros del público durante todos los años posteriores al accidente. Ello puede atribuirse, en parte, al "efecto del trabajador saludable", a un mejor tratamiento médico y a otras razones. No se observó ninguna relación entre la dosis y la mortalidad.

Pronosticamos que el cáncer provocaría un total de muertes adicionales entre el 3 % y el 4 % por encima del nivel espontáneo [3,7]. De ahí que sólo podamos hablar de que existen pruebas estadísticamente fiables de un exceso relacionado con Chernóbil, en el caso de tipos raros de neoplasma maligno (leucemia y cáncer de tiroides) y sólo después de realizar investigaciones epidemiológicas cuidadosas basadas, en particular, en la adecuada comparación de los efectos para el estudio y los grupos testigo.

Los hechos lo confirman. No se ha producido ningún aumento estadísticamente significativo de la incidencia de cáncer y de la mortalidad por encima del nivel espontáneo.

Desde un punto de vista estadístico, existen pruebas fiables de un aumento de muertes por leucemia entre el personal de limpieza ruso. Según datos del RNMDR, se verificaron 48 casos de leucemia en el grupo de los miembros del personal de limpieza ruso en los años 1986 y 1987, y se estimó que uno de cada dos casos había sido radioinducido. Debe recalcarse aquí que el nivel máximo de leucemia radiogénica se alcanzó en un período de cuatro a cinco años después del accidente [10].

De ahí que el número total de casos hipotéticos de cáncer mortal entre el público y el personal de limpieza pueda estar entre 1000 y 4500, al emplear el método sin umbral lineal. Es menor que la evaluación mínima que dan los autores (10 000 a 30 000 casos) en el artículo en cuestión. Por tanto, el grado de riesgo de accidente de los reactores RBMK (en términos de muertes/GWe-a (comparación de la página 27, *Boletín del OIEA*, Vol. 41, No. 1) también será diferente. La aplicación del umbral práctico para la evaluación del

riesgo que se propone (0,1 Sv en el caso de exposición aguda y 0,2 a 0,5 Sv en el caso de la crónica) reduciría esas cifras en un factor de 10 a 10^2 .

Además de las complejidades metodológicas que entraña determinar la importancia social de esos bajos riesgos, debe tenerse en cuenta lo siguiente: los grupos humanos de que se trata están expuestos a muchos otros riesgos, incluidos riesgos radiológicos, la mayoría de los cuales pueden reducirse significativamente. Esos factores incluyen los riesgos asociados a procedimientos médicos, el radón en los hogares, la contaminación química del medio ambiente, la calidad de los productos alimentarios, el nivel de vida y el tratamiento médico. □

Referencias:

1. *Barselina Project, Phase 3, Summary Report, Ignalina Unit 2, Probabilistic Safety Analysis (June 1994).*
2. *Análisis probabilista y determinista de la seguridad de la Unidad 2 de la central nuclear Leningrad, Informe Resumido, LPR 150 (enero de 1999). En ruso.*
3. *Il'in, L.A., Radiobiología y radiomedicina --Problemas y perspectivas de la interacción en el contexto de las actividades regulativas relacionadas con la radiación ionizante, Med., radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'1 (1998), 8-17. En ruso.*
4. *Il'in, L.A., et.al., Radiocontamination Patterns and Possible Health Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, J. Radiol. Prot. 10, 1 (1990), 3-29.*
5. *Il'in, L.A., Reglamento relativo a las consecuencias radiológicas, la carga radiológica para el público y los efectos médicos del accidente de Chernóbil, Med., radiologiya i radiatsionnaya*

bezopasnost'12 (1991). 9-18. En ruso.

6. *Ivanov, V.K., Gorsky, A.I., Tsyb, A.F., Maksuytov, M.A., and Rastopchin, E.M., Dynamics of Thyroid Cancer Incidence in Russia Following the Chernobyl Accident, J. Radiol. Prot. 19, 4 (1999), 305-318.*

7. *Tsyb, A.F., Efectos médicos del accidente de Chernóbil, Med., radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'1 (1998), 18-23. En ruso.*

8. *Linge, I.I., Melikhova, E.M., Gubanov, V.A., Tasas de mortalidad en Rusia y la energía nucleoelectrónica como factor de riesgo, Izvestiya Akademii Nauk: Energetika (1999), 100-120. En ruso.*

9. *Dosimetría retrospectiva del personal de limpieza afectado por el accidente de Chernóbil, SEDA-STIL', Kiev (1996), 234. En ruso.*

10. *Tsyb, A.F., Ivanov, V.K., Evaluación de los efectos médicos del desastre de Chernóbil basada en datos del RNMDR, Revista Internacional de Radiomedicina 1 (1999), 39-48. En ruso.*

11. *Il'in, L.A., Kryuchkov, V.P., Osanov, D.P., Pavlov, D.A., Exposición del personal de limpieza después del accidente de Chernóbil desde 1986 hasta 1987 y Verificación de los datos dosimétricos, Radiatsionnaya biologiya i radioehkologiya, 35, 6 (1995), 803-82. En ruso.*

Para obtener información,

diríjase a: Sr. B. Gabaraev, Instituto de Investigación y Desarrollo de la Ingeniería Eléctrica, P.O. Box 788, Moscú, 101000, Federación de Rusia. Fax: + (095) 975-2019. Correo-e: tam-gonti@ entek.ru La dirección del Ministerio de Energía Atómica de la Federación de Rusia es ul. Bol'shaya Ordynka, 24/26, Moscú, 109107, Federación de Rusia.

RESPUESTA DE LOS AUTORES A OBSERVACIONES DE ESPECIALISTAS RUSOS

Agradecemos a los especialistas rusos sus observaciones respecto de nuestro artículo. Reconocemos los avances logrados en la reducción de los riesgos que han planteado los RBMK y nos alegramos de las nuevas conclusiones extraídas en relación con las consecuencias radiológicas del accidente de Chernóbil. Sin embargo, sostenemos que aplicamos un enfoque correcto en nuestro artículo. Queremos referirnos específicamente a lo siguiente:

- observamos que ha habido un malentendido en cuanto a la metodología que utilizamos en la evaluación comparativa;
- ponemos en tela de juicio la afirmación de que la seguridad de todos los RBMK en funcionamiento está "a la par de los BWR y los PWR occidentales";
- hacemos hincapié en que la diferencia existente entre nuestro informe y la evaluación rusa de las consecuencias radiológicas obedece a que se usó una hipótesis diferente para calcular las consecuencias para la salud de dosis de radiación bajas.

En lo que concierne a los detalles de nuestro análisis, nos remitimos al estudio inicial realizado por el Instituto Paul Scherrer (PSI), de Suiza [1].

Método aplicado al estudio. El estudio comparativo del PSI se basa primordialmente en la evaluación de la experiencia histórica acumulada con los accidentes ocurridos en el período 1969-1996. En esta evaluación no se tuvo en cuenta el notable aumento de la seguridad que ha tenido lugar en los RBMK, ya que en el estudio del PSI (y nuestro informe) no se trató de abordar el *último* nivel de seguridad alcanzado por esos reactores, y, en cualquier caso, se

limitó al período 1969-1996. En la evaluación del estudio del comportamiento de los sistemas fósiles e hidroeléctricos se aplicaron las mismas reglas, es decir, *no* se hizo un reconocimiento especial de las últimas mejoras en materia de seguridad que puedan haberse introducido. En el caso de los reactores nucleares occidentales, en el estudio se empleó una Evaluación Probabilista de la Seguridad (EPS) de Nivel 3, ya que, afortunadamente, en esas centrales no existe ninguna experiencia real con accidentes graves que entrañen muertes. Ese tipo de EPS también se usó debido a las diferencias fundamentales de diseño y de ambiente operativo que existen en las centrales referidas en comparación con el caso de Chernóbil y la central RBMK. Cuando el Instituto Paul Scherrer hizo el estudio, no dispuso de ninguna EPS de Nivel 3 en relación con los RBMK, y que sepamos ahora tampoco existe, de lo contrario, no cabe duda de que se habría tomado en consideración.

Seguridad de los RBMK. La frecuencia de daño del núcleo en los RBMK se ha reducido muchísimo respecto de sus altos niveles iniciales. Es un paso de avance favorable y necesario. Las pocas EPS recientemente realizadas en relación con los RBMK proporcionan información útil que permite determinar las deficiencias de diseño y de funcionamiento para establecer prioridades para mejorarlos. Sin embargo, el alcance de esas evaluaciones sigue siendo limitado en cuanto a los sucesos desencadenantes de posibles accidentes (no se abordan enteramente importantes sucesos externos) y porque en ellos *no se consideran las*

situaciones de baja potencia ni de parada del funcionamiento de un reactor. Además, existen grandes diferencias entre las centrales nucleares Ignalina y Leningrad, tanto desde el punto de vista de la frecuencia estimada de daño del núcleo como del grado de la aplicación real de las mejoras de seguridad.

Aunque el sistema de localización de accidentes de los RBMK, especialmente de las unidades de tercera generación, se ha seguido mejorando, las centrales RBMK todavía no tienen una contención completa como los reactores de agua ligera. Ello tiene sus correspondientes consecuencias en relación con la probabilidad de grandes emisiones de radiactividad en caso de daño del núcleo. Los RBMK tampoco están dotados de un sistema secundario de parada completamente independiente. Por tanto, la afirmación general de que los RBMK "están a la par de los BWR y los PWR occidentales" es cuestionable, al menos, desde nuestro punto de vista.

Consecuencias radiológicas del accidente de Chernóbil. Nuestra estimación de 9000 a 33 000 casos de cáncer mortal latente se basó principalmente en la evaluación realizada por la CE/OIEA/OMS [2] y en las conclusiones extraídas al respecto por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR) [3]. Nuestro trabajo se apoyó además en el examen de materiales que abarcaron unas 140 referencias, incluidas numerosas memorias de autores rusos. En nuestro artículo, recalamos que la estimación era conservadora.

Según sus observaciones, los especialistas rusos llegan a calcular entre 1000 y 4500, es decir, un orden de magnitud menor que el nuestro. Los especialistas rusos indican que no se ha observado ningún incremento de cánceres

retardados y que la mortalidad entre el personal de limpieza es menor que entre la población en general. Esas afirmaciones de las autoridades competentes en el campo de la radiomedicina rusa son muy importantes. Los especialistas también destacan que, en general, no existen pruebas sobre un exceso mensurable de tumores ni de daño genético por debajo de la dosis de 0,1 Sv en el caso de exposiciones agudas y de 0,2 Sv en el de las crónicas.

Estamos de acuerdo con esas afirmaciones y apoyamos la conclusión de que la introducción de un "umbral práctico" en los cálculos de las dosis reduciría muchísimo los efectos que se estima podría tener el accidente en la salud. No obstante, la evaluación que aparece en nuestra memoria se basó en la aplicación de la hipótesis sin umbral lineal (LNT). Esa hipótesis, a pesar de su carácter conservador, es la base recomendada por organizaciones tan competentes como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR).

La hipótesis sin umbral lineal no se aplica en las estimaciones de los límites inferiores y superiores, suministradas por los especialistas rusos. El método que estos especialistas utilizaron no tiene en cuenta las contribuciones a las exposiciones individuales por debajo de los 50 mSv. Esa omisión significa que ellos no explican los posibles efectos en la salud de los evacuados; sectores de la población de la zona sometida a estricto control; 6,8 millones de personas de la ex URSS que vivían en zonas contaminadas; trabajadores que participaron en las operaciones de emergencia entre 1988 y 1990; y la población de todo el hemisferio norte, que recibió pequeñas dosis de radiación después del accidente.

En la estimación máxima de cánceres mortales latentes referida en la evaluación realizada por la CE/OIEA/OMS, 23 000 casos, de un cálculo total de 33 000, se producen en el grupo poblacional del hemisferio norte. En el estudio del PSI se señala que el número de casos mortales previstos se reduciría notablemente conforme a la hipótesis de un umbral de dosis individual de 50 mSv anual o de una dosis para toda la vida de 0,1 Sv.

Por tanto, la principal diferencia existente entre la evaluación realizada por la CE/OIEA/OMS y las observaciones presentadas por los especialistas rusos no dimana de las estimaciones de las exposiciones, sino más bien del método utilizado. Los especialistas rusos no tienen en cuenta las dosis de radiación comparables a las que se reciben durante toda la vida debido a prácticas médicas o a una elevada radiación de fondo, mientras que en la evaluación de CE/OIEA/OMS y en el estudio del PSI sí se tienen en cuenta. *El método ruso, basado en la hipótesis de un umbral, puede ser correcto, y nosotros personalmente pensamos que es lógico aplicarlo para obtener las estimaciones óptimas.*

No obstante, nuestro informe publicado en el *Boletín del OIEA* se basó en la evaluación de la CE/OIEA/OMS. Se aplicó la hipótesis sin umbral lineal y se obtuvo un límite máximo conservador para los cánceres mortales latentes en concordancia con las hipótesis generales contenidas en estudios comparativos de sistemas energéticos.

En suma, consideramos que la reacción de los expertos rusos no es una impugnación a nuestro informe ni a sus conclusiones generales, sino una oportunidad de ampliar el diálogo profesional sobre el fundamento del método sin

umbral lineal. Este asunto no se circunscribe a la estimación del número de posibles casos mortales que podrían atribuirse al accidente de Chernóbil, y se relaciona con el debate sobre el futuro de la energía nucleoelectrónica. □

Referencias:

1. Hirschberg S., Spiekerman G., y Dones R., "Accidentes graves en el sector de la energía", Informe del PSI No. 98-16, Villigen, Suiza (1998).
2. "Memorias informativas 1-8" de la Conferencia Internacional CE/OIEA/OMS: "Una década después de Chernobyl: Recapitulación de las consecuencias del accidente." Viena, 8 a 12 de abril de 1996, IAEA Proceedings Series, Viena (1996).
3. Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR). "1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes", United Nations sales publication E. 94. IX. 2, New York (1993).

Para obtener información, diríjase a: Stefan Hirschberg, Paul Scherrer Institute, CH-5232 Villigen PSI, Suiza. Correo-e: stefan.hirschberg@psi.ch

Andrzej Strupczewski, Institute of Atomic Energy, Polonia, 05-400 Otwock-Swierk, Polonia. Correo-e: A.Strupczewski@cyf.gov.pl

Para los lectores que tienen acceso a Internet, el artículo de los autores sobre el análisis comparativo de los riesgos puede encontrarse en las páginas del Boletín del OIEA en el sitio Web WorldAtom en www.iaea.org. Véase la Periodicals Section del sitio. La dirección específica del artículo en la web es: www.iaea.org/worldatom/Periodicals/Bulletin/Bull411/index.html.