



C H E R N O B I L

quince años después

por Abel J. González

Director de la División de Seguridad Radiológica y de Desechos del Departamento de Seguridad Nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica



A B S T R A C T

On Saturday 26th April 1986, an accident which was to have global repercussions occurred at Unit 4 of the Chernobyl nuclear power plant in Ukraine. The accident involved the largest short term release from a single source of radioactive materials to the atmosphere ever recorded. The debate about the consequences of the accident of Chernobyl became a real saga, probably one of the most extensive controversial history of the modern technological era. There was a general concern among the population regarding the health consequences of such releases and the safety of nuclear facilities.

El 26 de abril de 1986, una explosión catastrófica en la Unidad 4 de la central nuclear de Chernobil –ubicada en Ucrania, cerca del punto triple que señala su frontera con Belarús y la Federación Rusa– liberó a la atmósfera una gran cantidad de material radiactivo. La discusión sobre las consecuencias del accidente de Chernobil se habría de convertir en una verdadera saga, posiblemente una de las historias más dilatadas y polémicas de la era tecnológica moderna. El tema fue causa de preocupaciones generalizadas en la población, y concentró la atención pública en la seguridad nuclear en general.

Introducción

Las secuelas del accidente de Chernobí fueron surgiendo a la par del confuso proceso de la glasnost y la perestroika en la antigua URSS. Esto dio lugar a muchos malentendidos y aprehensiones sobre los efectos reales o figurados de las emisiones radiactivas. Al principio hubo secreto y desconcierto en torno al accidente. La población de las zonas afectadas se enteró del suceso fundamentalmente por rumores y no por fuentes fidedignas. Fuera del entonces territorio de la URSS, la primera evidencia del accidente se obtuvo a partir de mediciones de radiactividad en el medio ambiente realizadas en países nórdicos días después del accidente, las que revelaron un inesperado aumento de la radiactividad ambiental. Esta falta inicial de transparencia informativa influyó en la confianza del público; posteriormente, el carácter desconcertante y a veces contradictorio de la información proporcionada intensificó la desconfianza pública. Las percepciones de la catástrofe variaron desde los que estimaban que el accidente había sido uno de los peores desastres sanitarios ocurridos en el mundo hasta los que consideraban sus consecuencias radiológicas –dentro de las trágicas circunstancias– como relativamente limitadas.

El 26 de abril de 2001 se cumplió el décimoquinto aniversario de la catástrofe de Chernobí y muchos eventos evocaron el trágico suceso. Entre ellos debe destacarse la “Conferencia Internacional Sobre los Efectos del Accidente de Chernobí en la Salud: Resultados de los Estudios de Seguimiento Realizados a lo Largo de 15 Años”, que tuvo lugar en Kiev (Ucrania), en junio de 2001. La Conferencia confirmó lo que durante quince años había venido pregonando el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el

“Algunas organizaciones no gubernamentales y aun los propios países involucrados exageraron las consecuencias radiológicas del accidente y los medios dieron por ciertas hipótesis catastróficas que nunca fueron probadas científicamente.”

que –dentro del sistema de las Naciones Unidas– es el órgano competente para establecer estándares de protección contra la exposición a las radiaciones ionizantes y para proveer a la aplicación de esos estándares. La posición del OIEA es que las consecuencias sanitarias del accidente de Chernobí, que pudieren ser atribuibles a la exposición a la radiación debida al accidente, fueron relativamente limitadas, habida cuenta de la magnitud de la catástrofe. Más aun, se ha confirmado que esas consecuencias podrían haber sido mucho menores si se hubieran aplicado contramedidas muy sencillas tales como haber suspendido la distribución de leche fresca, ya que ésta se contaminó con yodo radiactivo emitido a la atmósfera durante el accidente. Lamentablemente, los niños de la región consumieron esa leche. Sin embargo, la perspectiva del OIEA sobre las consecuencias radiológicas del accidente de Chernobí, confirmada por la Conferencia de Kiev, difiere de la que proyectaron los medios informativos durante los

pasados tres lustros. Algunas organizaciones no gubernamentales y aun los propios países involucrados exageraron las consecuencias radiológicas del accidente y los medios dieron por ciertas hipótesis catastróficas que nunca fueron probadas científicamente. Así se indujo a creer que centenares de miles de personas morirían de cáncer y millares de niños nacerían con deformaciones hereditarias, y que todos estos efectos serían atribuibles a la exposición a la radiación causada por el accidente. Esta saga de figuraciones causó mucho daño en las zonas afectadas, particularmente por sus efectos psicológicos y sociales, tales como la creciente ansiedad que manifestaron los pobladores de la zona que temían por su salud y la de sus hijos. Muchos de esos efectos continúan siendo sufridos por las poblaciones perjudicadas. Paradójicamente, este hecho convirtió lo que pudo ser un accidente de consecuencias relativamente acotadas en un serio problema sanitario; este problema no es radiológico, pero por ello no deja de ser significativo.

En 1996, cuando se cumplió el décimo aniversario del accidente, ya se conocían las características de sus consecuencias radiológicas y su verdadera magnitud. Sin embargo, sea por ignorancia de los que debieron tomar las decisiones relevantes o por irresponsabilidad, la verdad fue rechazada y se gastaron cuantiosos recursos en contramedidas radiológicas innecesarias y, en muchos casos, hasta contraproducentes.

Es de esperar que la Conferencia de Kiev se transforme en el punto final de este lamentable episodio de la historia reciente de la humanidad. Este artículo revisará sucintamente los eventos subsiguientes al accidente de Chernobí y cómo se construyó el consenso actual sobre sus consecuencias.

Historia de la evaluación de las consecuencias

Las actividades internacionales que contribuyeron a evaluar las consecuencias del accidente de Chernobí pueden dividirse en dos períodos:

- las desarrolladas antes del Proyecto Internacional de Chernobí de 1990, que proporcionó la información más completa del accidente
- las que dan seguimiento al Proyecto hasta el momento, incluyendo la Conferencia Internacional que tuvo lugar en Viena en abril de 1996 y la reciente en Kiev.

1986-1989: Primeros estudios - Análisis posteriores

Agosto de 1986. El OIEA organizó la "Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobí". El entonces recién creado "Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear", INSAG, produjo un informe¹ sobre los resultados de la reunión. Algunos puntos significativos de las conclusiones del INSAG fueron los siguientes:

- Del personal del emplazamiento hubo que hospitalizar a unas 300 personas por lesiones y quemaduras radioinducidas.
- Fueron evacuadas 135 000 personas: su dosis colectiva de radiación externa se estimó en $1,6 \times 10^4$ Sv hombre.
- Las dosis en tiroides se estimaron en su mayoría por debajo de 300 mSv, aunque algunos niños pueden haber recibido dosis en tiroides de hasta 2500 mSv.
- Según estimaciones pesimistas, la dosis colectiva a largo plazo para la po-

blación fue de 2×10^6 Sv hombre, frente a una estimación realista de 2×10^5 Sv hombre.

- Sólo en las cohortes con dosis muy elevadas posiblemente se podrían determinar algunos efectos, por ejemplo, neoplasias tiroideas benignas y malignas.

Mayo de 1988. La comunidad científica del mundo tuvo la oportunidad de examinar las consecuencias radiológicas durante la "Conferencia Científica Internacional Sobre los Aspectos Médicos del Accidente en la Central Nuclear de Chernobí", celebrada en Kiev (primera Conferencia de Kiev). La información presentada a la Conferencia abarcó diversos temas:

- Se informó del número real de radiolesiones diagnosticadas clínicamente: 238 personas expuestas ocupacionalmente habían declarado signos de enfermedades asociadas a síndromes radiológicos (posteriormente, el número con diagnóstico positivo fue inferior); de ellas, 28 habían fallecido. Otras dos murieron a consecuencia de la explosión del reactor (otra, de trombosis coronaria).
- Las emisiones de materiales radiactivos produjeron una amplia contaminación de la superficie, con lugares que llegaron a alcanzar hasta 30×10^5 Bq/m² (80 Ci/km²) y la contaminación de la leche con una actividad específica de hasta 20 000 Bq/l.
- El compromiso de dosis colectiva dentro del territorio de la antigua URSS se estimó en 226 000 Sv hombre –el 30% fue comprometido en el primer

año–, con dosis corporales de hasta 50 mSv en el primer año.

- Se confirmó que las dosis en tiroides eran de hasta 2500 mSv.

Diciembre de 1988. El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) realizó una evaluación exhaustiva de las consecuencias fuera del territorio de la URSS y, en 1988, un informe a la Asamblea General. El UNSCEAR estimó que:

- La dosis media nacional más elevada durante el primer año fue de 0,7 mSv (o una tercera parte de la exposición global media a la radiación natural de fondo).
- El compromiso de dosis total medio regional más alto fue de 1,2 mSv (o 1/30 de la dosis media para toda la vida procedente de fuentes naturales).
- El efecto global total del accidente de Chernobí fue de 600 000 Sv hombre, que equivale, como promedio, a 21 días adicionales de exposición mundial a la radiación natural de fondo.

Mayo de 1989. El OIEA organizó una "reunión especial oficiosa" a la que asistieron más de 100 científicos de 20 países y sus resultados se comunicaron en un ulterior simposio sobre las operaciones de recuperación después de accidentes². La información proporcionada por los expertos soviéticos que asistieron a la reunión brindó una explicación más detallada de la situación a largo plazo:

- Los mapas de contaminación de los territorios afectados, sometidos al examen internacional, muestra-

¹ Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear, Informe resumido sobre la Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobí, Colección Seguridad N° 75-INSAG-1, OIEA, Viena (1986).

² González, A. J.; "Recovery operations after the Chernobyl Accident: The intervention criteria of the USSR's National Commission on Radiation Protection", en Proceedings of International Symposium on Recovery Operations in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, IAEA-SM316/57, página 313.

ron 10 000 km² de territorios con contaminación radiactiva con valores superiores a 5,5 x 10⁵ Bq/m² (15 Ci/km²).

- 786 asentamientos con 272 800 personas se encontraban dentro de las “zonas de control estricto”, donde –hasta enero de 1990– se previó que recibieran una dosis colectiva de 13 900 Sv hombre, y que algunos miembros del público recibieran dosis superiores a 170 mSv.
- La comunidad internacional fue informada del criterio de intervención establecido por las autoridades soviéticas para las contramedidas y medidas de protección, criterio que, a la larga, resultaría muy polémico: 350 mSv de dosis para toda la vida.

1990–1991. El Proyecto Internacional de Chernobil.

En octubre de 1989, la URSS pidió oficialmente al OIEA que coordinara una “evaluación a cargo de expertos internacionales” del concepto que la Unión Soviética había elaborado a fin de permitir que la población pudiera vivir en condiciones de seguridad en las zonas afectadas por la contaminación radiactiva derivada del accidente de Chernobil, y una evaluación de la eficacia de las medidas adoptadas en esas esferas para salvaguardar la salud de las personas. Como resultado de ello, a principios de 1990, se inició el Proyecto Internacional de Chernobil (PIC)³ cuya labor se centró en cuatro cuestiones fundamentales:

“La incorporación del yodo por la tiroides hubiera sido muy fácil de impedir, por ejemplo, prohibiendo el consumo de alimentos contaminados durante algunas semanas, hasta que el yodo 131 se desintegre suficientemente, o administrando pequeñas cantidades de yodo no radiactivo de manera profiláctica para bloquear la glándula tiroides.”

- la magnitud de la contaminación existente en las zonas habitadas
- la exposición a las radiaciones prevista para la población
- los efectos actuales y potenciales en la salud
- la idoneidad de las medidas que se adoptaban para proteger a la población en el momento del Proyecto.

Las conclusiones más importantes del PIC pueden resumirse de la siguiente forma:

- En términos generales se corroboraron los niveles de contaminación de superficie comunicados en los mapas “de contaminación” disponibles en ese momento: se definieron 25 000 km² como zonas afectadas con niveles de concentración de cesio 137 sobre el suelo superiores a 1,85 x 10⁵ Bq/m² (5 Ci/km²); de ese total, unos 14 600 km² están situados en Belarús, 8 100 km² en Rusia y 2 100 km² en Ucrania.
- Las dosis de radiación corporal que se recibirían durante toda la vida se estimaron por debajo de 160 mSv o con valores dos a tres veces más bajos que los calculados originalmente; sin embargo, no se pudo corroborar el nivel de dosis en tiroides que realmente se recibió.
- Se observaron en la población importantes trastornos de la salud y psicológicos no relacionados con la radiación, como el estrés y la ansiedad, aunque –fuera del grupo de trabajadores más expuestos– no se detectaron trastornos de salud que pudieran atribuirse directamente a la exposición a las radiaciones. Como se previó, en el momento del Proyecto no se pudo corroborar ningún aumento de la incidencia de la leucemia o del cáncer y se previó que sería difícil percibir futuros aumentos potenciales de tumores malignos distintos del cáncer de tiroides.

³ El PIC fue auspiciado por la Comisión Europea, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, el OIEA y el UNSCEAR. Se estableció un “Comité Asesor Internacional” independiente de 19 miembros presidido por el Dr. Itsuzo Shigematsu, Director de la Fundación para la Investigación de los Efectos de las Radiaciones en Hiroshima, que desde 1950 se ha encargado de vigilar y analizar la salud de los sobrevivientes de la bomba atómica en el Japón, la población más grande expuesta a altas dosis de radiación. El resto de los científicos miembros del Comité procedían de 10 países y cinco organizaciones internacionales. Sus especialidades incluían, entre otras disciplinas, la medicina, la radiopatología, la protección radiológica, la radioepidemiología y la psicología. La fase más activa del proyecto transcurrió desde mayo de 1990 hasta finales de ese mismo año. Participaron unos 200 expertos de 23 países y siete organizaciones internacionales, y 50 misiones científicas visitaron la URSS. Laboratorios de varios países, incluidos Austria, Francia y los EE.UU., contribuyeron a analizar y evaluar el material reunido.

A las conclusiones generales sobre la situación sanitaria siguieron varias conclusiones detalladas. Algunas se referían a los neoplasmas, en particular al aumento de los casos de cáncer comunicados en ese momento y a su posible aumento en el futuro, de la siguiente manera:

- Los datos soviéticos indicaban que la incidencia del cáncer comunicada había venido aumentando en el último decenio y había seguido aumentando a la misma tasa después del accidente. Sin embargo, el Proyecto consideró que en el pasado la comunicación de datos no había sido completa y no pudo determinar si el aumento se debía a una mayor incidencia, a diferencias metodológicas, a una mejor detección y diagnóstico, o a otras causas.
- Sobre la base de las dosis estimadas por el Proyecto y de las estimaciones del riesgo radiológico actualmente aceptadas, sería difícil discernir los aumentos futuros de la incidencia natural del cáncer y los efectos hereditarios, incluso con estudios epidemiológicos a largo plazo amplios y bien concebidos; sin embargo, las estimaciones de dosis absorbida en tiroides en niños, que se comunicaron, fueron tales que se previó que podría producirse un aumento, susceptible de ser detectado estadísticamente, de la incidencia de tumores tiroideos en el futuro.

Finalmente, el PIC observó que las medidas de protección que se adoptaban en el momento del Proyecto o que se planificaban a largo plazo, como algunas reubicaciones y las restricciones respecto de los productos alimenticios, excedían de lo que hubiera sido necesario desde el punto de vista de la protección radiológica.

El PIC también recomendó una serie de medidas complementarias, incluida la continuación de las evaluaciones epidemiológicas y el fomento de la atención médica, haciendo hincapié en las cohortes de "poblaciones de alto riesgo seleccionadas".

1991-1996. Después del Proyecto Internacional de Chernobil se adoptaron muchas iniciativas internacionales. Algunas de ellas se resumen a continuación:

Iniciativas complementarias del OIEA. La FAO y el OIEA⁴ auspiciaron un proyecto de contramedidas agrícolas y el OIEA organizó una nueva evaluación ambiental que recibió el apoyo del Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) de Francia⁵.

Programa Internacional de la OMS sobre los Efectos del Accidente de Chernobil en la Salud (PIEACS).

Los resultados de este Programa fueron publicados por la OMS y examinados en la "Conferencia Internacional de la OMS sobre las consecuencias del accidente de Chernobil, y de otros accidentes radiológicos, en la

salud", que se celebró en Ginebra en noviembre de 1995. En general, el PIEACS corroboró las conclusiones del PIC y proporcionó información adicional sobre el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides infantil previsto por este último. Las conclusiones del PIEACS pueden resumirse de la manera siguiente:

- Los efectos psicosociales, que se consideraron no relacionados con la exposición a las radiaciones, fueron resultado de la falta de información inmediatamente después del accidente, el estrés y el trauma debidos al realojamiento obligatorio en zonas menos contaminadas, la ruptura de las relaciones sociales y el temor de que la exposición a las radiaciones pudiera ocasionar daños para la salud en el futuro.
- Se comunicó un marcado aumento del cáncer de tiroides, especialmente entre los niños que vivían en las zonas afectadas. A finales de 1994, se diagnosticó que 565 niños comprendidos en las edades de 0 a 14 años padecían cáncer de tiroides (333 en Belarús, 24 en la Federación Rusa y 208 en Ucrania).
- No se registró ningún aumento significativo de la incidencia de la leucemia u otros trastornos en la sangre.
- Se hallaron algunas pruebas que sugerían retraso del desarrollo mental y desviaciones en las reacciones de la conducta y emocionales en un reducido grupo de niños expuestos a la irradiación in utero; sin embar-

4 El "Proyecto Azul de Prusia (AP)" estuvo destinado a reducir la contaminación de la leche y la carne mediante una técnica que utiliza el compuesto químico AP en los alimentos de los rumiantes. La mayor parte de los fondos fueron aportados por el OIEA y Noruega, cuyos especialistas crearon la técnica. Con el tiempo, este proyecto demostraría ser el más económico de todos los proyectos complementarios posteriores al PIC. Con una inversión anual de US\$ 50 000, Belarús evitó pérdidas anuales por un valor de US\$ 30 millones en su producción de leche y carne.

5 En respuesta a una solicitud concreta de Belarús en la Conferencia General del OIEA de 1994, el Organismo se incorporó a un proyecto principalmente dirigido al medio ambiente sobre las "perspectivas de la zona contaminada". Casi todo el proyecto ha sido financiado por el IPSN, que participó activamente en su ejecución técnica junto con científicos de las regiones afectadas. Se llegó a algunas conclusiones que trascienden las conclusiones generales del PIC y abarcan el medio ambiente en general. En cuanto a la biocenosis forestal -sistema ambiental que según informes fue el más afectado por el accidente de Chernobil- el proyecto determinó que la contaminación radiactiva no se produjo en gran escala y dañó principalmente a los pinares: la muerte de las plantaciones de pinos, aunque grave en las inmediaciones de la central, significó menos del 0,5% de la región boscos de zona prohibida.

go, no se puede determinar el grado en que las radiaciones pudieran haber contribuido a esos cambios mentales por no disponerse de datos de dosimetría individuales.

- Los tipos y la distribución de las enfermedades bucales observadas en los residentes de las zonas "contaminadas" eran semejantes a los de los residentes de las zonas "no contaminadas".

Proyectos apoyados por la Comisión Europea (CE). La CE apoyó muchos proyectos de investigación científica sobre las consecuencias de Chernobyl. Los resultados se resumieron en la "Primera Conferencia Internacional de la Unión Europea, Belarús, la Federación Rusa y Ucrania sobre las consecuencias del accidente de Chernobyl", celebrada en Minsk en marzo de 1996. Los proyectos generaron información valiosa que puede utilizarse en la planificación futura para casos de emergencia, la evaluación de la dosis y el saneamiento ambiental, así como en el tratamiento de personas con altos niveles de exposición y en los exámenes médicos masivos para detectar el cáncer de tiroides infantil.

Otras iniciativas. se incluyen entre éstas varios estudios apoyados por la UNESCO, fundamentalmente sobre las consecuencias psicológicas; informes especiales del UNSCEAR y de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE; y estudios individuales en los Estados afectados y en otros países, como por ejemplo, una vigilancia exhaustiva de las personas afectadas llevada a cabo por Alemania, un amplio estudio auspiciado por la "Fundación Sasakawa" del Japón, varios importantes proyectos financiados por los Estados Unidos y una amplia evaluación realizada en Cuba sobre la incorporación de cesio 137 en niños llevados a la isla con propósitos de recuperación, la cual incluyó mediciones en alrededor de 15 000

“Ya en 1990, el Proyecto Internacional de Chernobyl había pronosticado que con altas dosis, después de transcurridos algunos años, aumentaría significativamente la incidencia de cáncer de tiroides, que de otro modo es relativamente infrecuente en los niños.”

niños. El estudio cubano fue revisado por un grupo de expertos homólogos y publicado por el OIEA y sería de gran importancia para convalidar las evaluaciones del PIC.

Abril de 1996. Las principales organizaciones que participaron en la evaluación de las consecuencias del accidente de Chernobyl aunaron sus esfuerzos para copatrocinar una Conferencia Internacional "Una década después de Chernobyl: Recapitulación de las consecuencias del accidente". En cooperación con todas las organizaciones relevantes del sistema de las Naciones Unidas, organizaron la Conferencia, a la que asistieron 845 científicos procedentes de 71 países y 20 organizaciones, e informaron sobre ella 280 periodistas. Las presentaciones demostradas en una exposición técnica sirvieron de base para una recapitulación de las consecuencias del accidente de Chernobyl que sería autorizada y definitiva pero que, lamentablemente, sería básicamente ignorada.

Mayo de 2000. El UNSCEAR adoptó su informe regular para la Asamblea General de las Naciones Unidas el que contiene un Anexo especial sobre las consecuencias de Chernobyl. El informe UNSCEAR 2000 confirmó las conclusiones de la Conferencia de Viena y fue comunicado a la Asamblea General a fines del año 2000, donde recibió cuestionamientos de las delegaciones de Belarús y Ucrania.

Junio del 2001. En la "Conferencia Internacional Sobre los Efectos del Accidente de Chernobyl en la Salud: Resultados de los Estudios de Seguimiento Realizados a lo Largo de 15 años" (última Conferencia de Kiev) participaron científicos y expertos de la República de Belarús, la Federación Rusa, Ucrania y otros países, así como representantes de la OMS, la Oficina de Coordinación de las Naciones Unidas para Asuntos Humanitarios (OCHA), el OIEA, el UNSCEAR, el Programa de las Naciones Unidas para Chernobyl en Ucrania, y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Las consecuencias del accidente

En las siguientes secciones se presentará un resumen sucinto sobre el consenso internacional sobre las consecuencias del accidente de Chernobyl. A este consenso se había llegado ya hace una década, durante el Proyecto Internacional de Chernobyl y fue confirmado definitivamente por la Conferencia de Viena. Ahora, quince años después del accidente, ha sido reconfirmado por la Conferencia de Kiev.

Emisión de Material Radiactivo al Medio Ambiente y Precipitación Radiactiva.

Aunque incluso hoy no existe total acuerdo respecto de la cantidad preci-

sa de material radiactivo emitido por el accidente de Chernobil, las mejores estimaciones –que son del orden de 10^{19} bequerelios– ilustran el carácter catastrófico del accidente. Con más precisión, en la actualidad se estima que la actividad global de todos los materiales radiactivos emitidos en el accidente fue de aproximadamente $1,2 \times 10^{19}$ Bq, incluidos unos $6-7 \times 10^{18}$ Bq debidos a gases nobles. Fue emitido al exterior alrededor del 3% y el 4% del combustible usado en el reactor en el momento del accidente, así como hasta el 100% de los gases nobles y del 20% al 60% de los radionucleidos volátiles. Esta estimación actual de la radiactividad es más elevada que la notificada en 1986 por las autoridades soviéticas, la que se estimó sumando la actividad calculada de los materiales depositados en los países de la antigua URSS. La composición radioisotópica del material liberado en el accidente fue compleja. Los radisótopos del yodo y del cesio son de máxima importancia radiológica: los del yodo, de período corto de semidesintegración radiactiva, tuvieron el mayor impacto radiológico a corto plazo; los del cesio, con sus períodos de semidesintegración del orden de decenas de años, tienen el mayor impacto radiológico a largo plazo. Las estimaciones de la actividad de las cantidades emitidas son las siguientes: yodo 131: $\sim 1,3 - 1,8 \times 10^{18}$ Bq; cesio 134: $\sim 0,05 \times 10^{18}$ Bq; cesio 137: $\sim 0,09 \times 10^{18}$ Bq. Estos valores corresponden aproximadamente a entre el 50% y el 60% del yodo 131 contenido en el núcleo del reactor en el momento del accidente y a entre el 20% y el 40% de los dos radisótopos del cesio indicados.

La mayor parte del material se depositó en la región circundante del emplazamiento de la central, con una amplia variación de la densidad del

depósito. Los aproximadamente 10^{17} bequerelios de cesios radiactivos fueron transportados por los vientos sobre vastas zonas, a grandes distancias, y se depositaron de manera variable, principalmente de Europa y –en menor grado, aunque mensurable– en otras partes de todo el hemisferio septentrional. Se estimó que las zonas de los territorios circunvecinos de Belarús, la Federación Rusa y Ucrania, donde se midieron niveles de actividad del cesio 137 superiores a 185 kBq/m^2 tenían una extensión de $16\,500 \text{ km}^2$, $4\,600 \text{ km}^2$ y $8\,100 \text{ km}^2$ respectivamente. El depósito de cesio se convirtió en la causa principal de exposición corporal a las radiaciones a largo plazo.

La exposición externa a las radiaciones emitidas por el cesio depositado es difícil de impedir. Una vez que yace en el suelo, sus rayos gamma de largo alcance pueden someter a exposición a cualquier persona de la zona. La descontaminación de las superficies es una tarea difícil, y si la concentración de cesio es alta, a menudo la única contramedida factible es la evacuación de los habitantes. El cesio depositado en el suelo también puede desplazarse a los productos agrícolas y los animales herbívoros, y de allí entrar en la cadena alimenticia, incorporarse en el cuerpo humano y exponerlo internamente.

El otro elemento liberado durante el accidente, representativo desde el punto de vista radiológico, el yodo, fue liberado al ambiente en forma de varios radioisótopos, la mayoría con períodos de semidesintegración muy cortos: el más significativo fue el yodo 131, cuyo período es de aproximadamente ocho días. Los radioisótopos del yodo fueron los causantes principales de la irradiación que recibió la glándula tiroides de personas de regiones aledañas,

poco después del accidente. La glándula tiroides de una persona absorbe el yodo principalmente después de la inhalación o el consumo de alimentos contaminados, tales como los productos lácteos; sus partículas beta de corto alcance irradian la glándula desde adentro. La incorporación del yodo por la tiroides hubiera sido muy fácil de impedir, por ejemplo, prohibiendo el consumo de alimentos contaminados durante algunas semanas, hasta que el yodo 131 se desintegre suficientemente, o administrando pequeñas cantidades de yodo no radiactivo de manera profiláctica para bloquear la glándula tiroides.

Para el caso del yodo 131, no se dispone de información precisa sobre los lugares adonde llegó la emisión. El UNSCEAR llevó a cabo una estimación teórica del movimiento y depósito de yodo. Para ello estimó en primer lugar la relación entre yodo 131 y cesio 137 en el depósito de grandes zonas de Europa oriental.

Luego, combinando esta estimación con la de contaminación de cesio, construyó un mapa teórico de contaminación con yodo y de allí evaluó quienes se expusieron a esa contaminación y a qué niveles de dosis de radiación.

Estas estimaciones indirectas mostraron indicios sólidos de que algunos grupos de la población recibieron dosis de radiación muy elevadas en tiroides. Los niños, particularmente sensibles debido a su ingestión normalmente alta de productos lácteos y su pequeña tiroides, recibieron dosis más altas. Ya en 1990, el Proyecto Internacional de Chernobil había pronosticado que con altas dosis, después de transcurridos algunos años, aumentaría significativamente

te la incidencia del cáncer de tiroides, que de otro modo es relativamente infrecuente en los niños.

Dosis de radiación

Las dosis de radiación atribuible al accidente que fueran incurridas fuera de los territorios de la ex URSS fueron relativamente pequeñas. El

UNSCEAR evaluó la dosis media a la población de diversos países del hemisferio septentrional. La dosis nacional media más elevada en el primer año fue de 0,75 mSv (Figura 1).

El UNSCEAR también evaluó la dosis comprometida media para la región de Europa durante el período de 70 años que finaliza

en el 2056. La dosis comprometida más elevada se estimó en 1,2 mSv (Figura 2). La situación fue obviamente distinta en las cercanías del accidente. Un gran número de trabajadores ad hoc, incluyendo los operadores de la central, voluntarios de emergencia como bomberos y personal militar, además de muchos trabajadores no profesionales, llevaron a cabo las actividades de respuesta al accidente. Se utilizó el término ruso likvidator para identificar a todas estas personas. Alrededor de 200 000 "liquidadores" trabajaron en la región de Chernobyl durante 1986 y 1987, período en que la exposición a las radiaciones fue más elevada. Esta cifra incluye las personas que participaron en las operaciones de limpieza tras el accidente (comprendida la limpieza alrededor del reactor, la construcción del "sarcófago" que contuvo a las instalaciones destruidas, la descontaminación, la construcción de carreteras, y la destrucción y enterramiento de edificios, bosques y equipo contaminados), así como numeroso personal corriente que trabajó en los territorios llamados "contaminados". Los 200 000 "liquidadores" recibieron dosis medias del orden de los 100 mSv. Alrededor del 10% recibió dosis del orden de los 250 mSv; un porcentaje pequeño recibió dosis de más de 500 mSv; en tanto que varias decenas de las personas que primero respondieron al accidente recibieron dosis potencialmente letales de miles de milisieverts, y sufrieron el así llamado síndrome clínico de radiación, o también síndrome de la médula ósea. De estos "liquidadores", 28 murieron por causa de radiolesiones.

Durante el periodo transcurrido entre el 27 de abril y mediados de agosto de 1986, alrededor de 116 000 habitantes fueron evacuados de sus viviendas, situadas en

Figura 1: La dosis promedio anual durante el primer año después del accidente

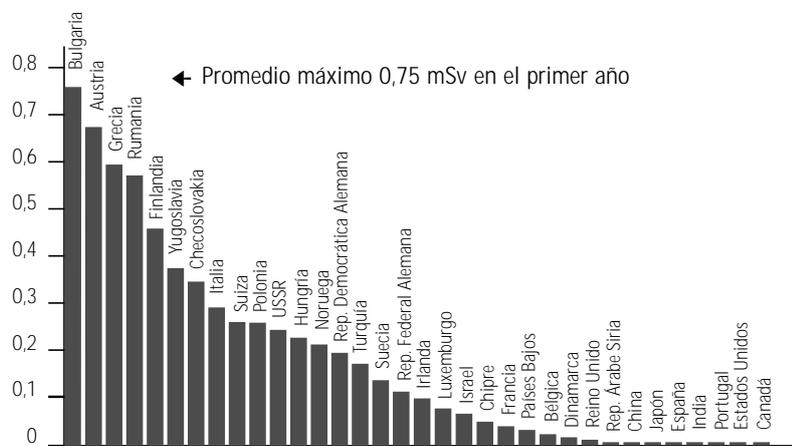
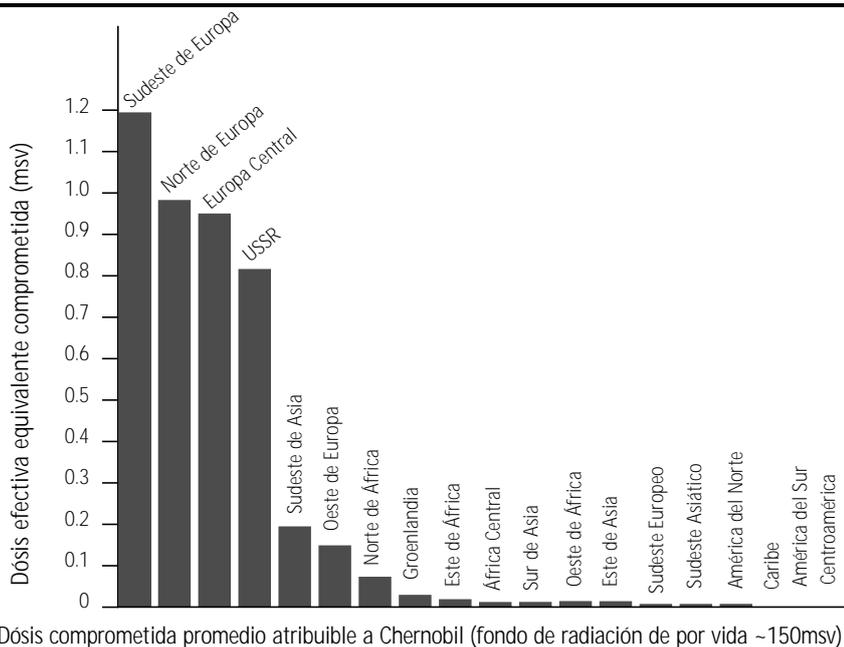


Figura 2: El promedio de dosis comprometida por la población de varias regiones del mundo.



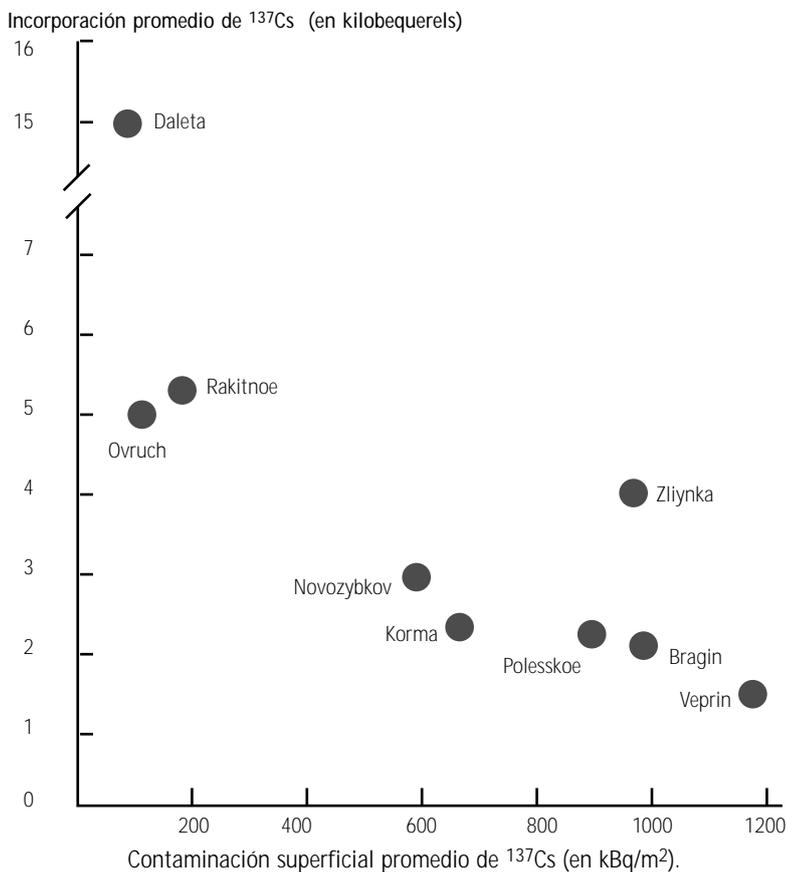
la región circundante de la central de Chernobil, con el propósito de protegerlos de la exposición a las radiaciones. De estas personas, menos del 10% había recibido dosis de más de 50 mSv, y menos del 5%, dosis de más de 100 mSv. Se estableció la denominada "zona prohibida", que abarcaba los territorios con las tasas de dosis más elevadas, donde se vedó el acceso público. Esta prohibición continuó en Belarús y Ucrania. La zona prohibida abarca en total 4300 km². Las personas que fueron evacuadas de las zonas contaminadas, y las que siguieron viviendo en las regiones menos afectadas, recibirán dosis corporales relativamente bajas: éstas serán comparables o inferiores a las dosis que recibirían durante toda la vida de las fuentes naturales de radiación.

Uno de los problemas más serios fue causado por la interpretación de la verdadera significación de la contaminación en término de la dosis que efectivamente sería incurrida por la población. Se estimó, erróneamente, que cuanto mayor fuera la contaminación mayor sería la dosis. Pero esto no era así necesariamente: la transferencia de sustancias radiactivas hacia el hombre fue extremadamente inhomogénea (Figura 3); los parámetros de transferencia variaban de un lugar a otro, pero esto no fue siempre tenido en cuenta en la toma de las decisiones de evacuación.

Por otra parte, las dosis de radiación debidas a la incorporación de cesio fueron estimadas con modelos teóricos y resultaron ser muy exageradas. El Proyecto In-

“Uno de los problemas más serios fue causado por la interpretación de la verdadera significación de la contaminación en término de la dosis que efectivamente sería incurrida por la población. Se estimó, erróneamente, que cuanto mayor fuera la contaminación mayor sería la dosis. Pero esto no era así necesariamente.”

Figura 3: El Proyecto Internacional de Chernobil demostró cabalmente que no siempre a mayor contaminación correspondía una incorporación mayor de sustancias radiactivas por la población.



ternacional de Chernobil midió la incorporación real de los pobladores y determinó que esas dosis fueron menores a las estimadas en casi un orden de magnitud

En el Proyecto Internacional de Chernobil se estimó que las dosis comprometidas más elevadas para los 70 años a partir de 1986 hasta el 2056, en el caso de los habitantes de los territorios más contaminados, eran del orden de los 160 mSv. Estudios recientes más detallados del UNSCEAR han arrojado resultados similares.

Las dosis de radiación a la glándula tiroidea –particularmente la de los niños– fueron una notable excepción y se supone que hayan sido muy elevadas dentro de la ex URSS. El UNSCEAR ha estimado que aun fuera de la ex URSS

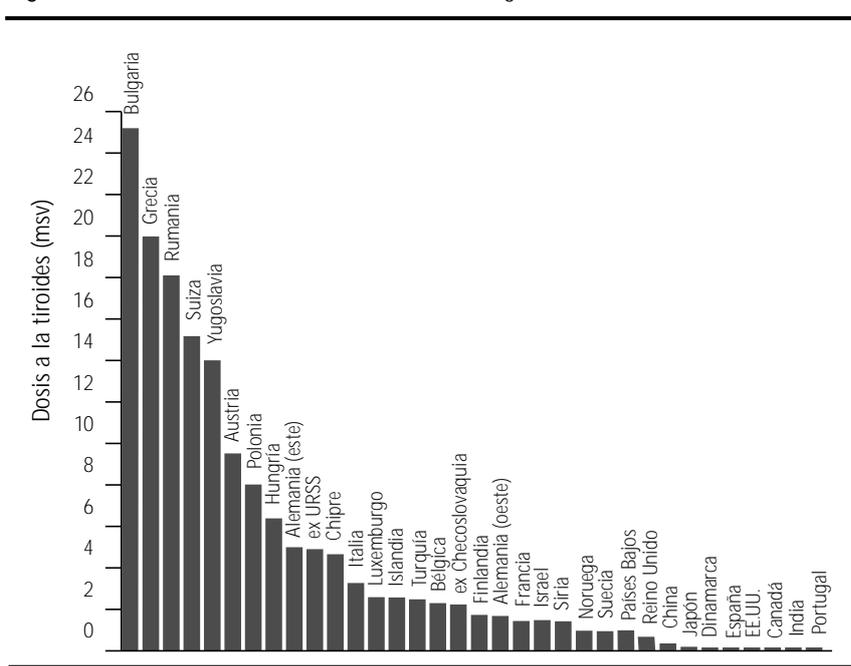
las dosis en tiroides fueron altas (Figura 4).

Dosis y daños al medio ambiente.

En las primeras semanas que siguieron al accidente, en un área de pocos kilómetros aledaña al reactor, las dosis llegaron a ser mortales en la biota local, especialmente para las coníferas y campañoles (pequeños roedores). En el otoño de 1986, las tasas de dosis se habían reducido en un factor de 100 y en 1989 los ecosistemas de esas localidades habían comenzado a recuperarse. No se han observado efectos graves prolongados en las poblaciones animales o los ecosistemas.

Las alimentos contaminados. Un subproducto de la contaminación ambiental fue la contaminación de los alimentos producidos en las zonas afectadas. Si bien durante algún tiempo después del accidente los alimentos básicos mostraron niveles de actividad superiores a los niveles máximos admisibles fijados por el Codex Alimentarius⁶, ninguno de los alimentos que se producen ahora en las granjas colectivas sobrepasa esos niveles. Excepcionalmente, los productos alimenticios de origen silvestre –como setas, bayas y animales de caza– provenientes de los bosques de las zonas más afectadas,

Figura 4: Estimaciones de UNSCEAR de las dosis a la glándula tiroidea fuera de la ex URSS.



así como peces de algunos lagos europeos, siguen mostrando niveles superiores a los del Codex. Las contramedidas agrícolas aplicadas en las zonas afectadas constituyeron un aspecto importante del control de la contaminación del hábitat humano.

Efectos Sanitarios Atribuibles a la Exposición a la Radiación de Chernobil⁷

Se dedicó mucha atención y tiempo a los efectos en la salud que se atribuyen al accidente. Los efectos tempranos se analizaron aparte de los efectos a largo plazo. Entre estos últimos, los efectos en la tiroides se consideran como un caso especial que fue tratado con independencia de otros efectos en la salud a más largo plazo tales como la inducción de leucemias y la de cánceres de tumores sólidos.

Efectos clínicos observados atribuibles individualmente.

El número de personas en las que se observaron efectos clínicos en la salud atribuibles individualmente a la exposición a las radiaciones (los llamados efectos de-

⁶ El Codex Alimentarius –establecido por la FAO y la OMS– fija el nivel máximo admisible de radiactividad para los alimentos que son objeto de comercio internacional.

⁷ Existen dos tipos de efectos en la salud que pueden atribuirse a la exposición a las radiaciones debida al accidente. En el primer tipo se incluyen los síndromes tempranos que pueden observarse clínicamente en las personas expuestas, es decir, pueden ser diagnosticados por un médico especializado que inequívocamente puede atribuir el tipo y la gravedad del efecto a la cantidad de radiación a que haya estado expuesta la persona. Estos síndromes sólo se observan con dosis de radiación relativamente altas, por encima de una dosis umbral y presentan una patología característica que afecta a órganos y tejidos específicos. En grandes dosis, afectan a todo el cuerpo y se diagnostican como síndrome de radiación agudo (SAR), o síndrome de la médula ósea. En Chernobil, sólo padecieron estos efectos varios bomberos y otros trabajadores de emergencia. El segundo tipo comprende los tumores malignos radioinducidos a largo plazo y –plausiblemente– los efectos hereditarios, que son difíciles o a veces imposibles de diferenciar de la incidencia normal casi siempre alta de estos tipos de efectos en la población. Estos efectos a largo plazo no pueden atribuirse directamente a las radiaciones a partir de los resultados de los exámenes clínicos individuales sino sólo indirectamente mediante extensos estudios epidemiológicos en grandes grupos de población. Se evidencian como un aumento de la incidencia estadística de los efectos en la población. Sin embargo, si la dosis de radiación es muy baja o el número de personas afectadas es pequeño, los efectos no pueden detectarse al compararse con la incidencia normal. En Chernobil dichos efectos se han manifestado sólo como un aumento de la incidencia de tumores malignos de tiroides en los niños.