

## Fuentes radiactivas: Enseñanzas extraídas de Goiânia

*Una respuesta cooperativa coadyuvó a limitar las consecuencias del accidente y a documentar las enseñanzas extraídas*

*El 13 de septiembre de 1987, una fuente médica blindada de cesio 137 sumamente radiactiva fue extraída de su contenedor en un equipo de teleterapia; este último había quedado en una clínica abandonada por el Instituto Goiano de Radioterapia en Goiânia, capital del estado de Goias (Brasil central).*

*El 18 de septiembre el conjunto de la fuente fue extraído de su blindaje protector y vendido a un comerciante de chatarra. El 21 de septiembre, la cápsula de la fuente, que había sufrido daños con anterioridad, fue abierta por la fuerza. Se distribuyeron fragmentos de la fuente a otras zonas de la ciudad, y muchas personas recibieron directamente sus irradiaciones y se contaminaron externa e internamente con el cesio 137. Varias personas enfermaron y procuraron atención médica.*

*Por último, el 28 de septiembre un médico de Goiânia reconoció los síntomas característicos de sobreexposición a la radiación. Un físico que fue consultado al día siguiente detectó niveles de radiación elevados y rápidamente notificó el hecho a las autoridades sanitarias de Goias, quienes a su vez se comunicaron con la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) del Brasil. Los funcionarios de Goias evacuaron las zonas afectadas y comenzaron el proceso de identificación de las personas que habían sido gravemente expuestas.*

*De inmediato la CNEN envió un grupo de avanzada a Goiânia para ayudar a atender a las personas afectadas y controlar las zonas contaminadas. La CNEN movilizó cuantiosos recursos adicionales y se creó un centro de respuesta a emergencias para coordinar las actividades.*

*(El Brasil informó al OIEA de la emergencia y solicitó su asistencia en virtud de la nueva Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica. El OIEA coordinó la asistencia de medios especializados de los Estados Unidos y de expertos de cooperación técnica del OIEA, así como el suministro de dosímetros por el Organismo y de equipo de vigilancia procedente de Francia, Hungría, Israel, los Países Bajos, el Reino Unido y la República Federal de Alemania.*

*Por su parte, la Argentina, los Estados Unidos, Francia, el Reino Unido, la República Federal de Alemania y la Unión Soviética facilitaron otros expertos y equipo directamente al Brasil.)*

*En total fueron hospitalizadas veinte personas, y pese a la atención médica intensiva que se les dispensó, cuatro de ellas fallecieron. Veintiocho personas habían sido gravemente contaminadas. Durante los dos meses siguientes, en una estación de vigilancia de la contaminación instalada en un estadio se examinó a más de 112 000 personas, y cientos de ellas tuvieron que ser descontaminadas.*

*Una vez reconocida la gravedad del accidente, se identificaron las zonas más fuertemente contaminadas y se aislaron en el término de un día. Los niveles más altos de radiación se redujeron sustancialmente al protegerse las zonas afectadas. En dos semanas se identificaron y aislaron todas las zonas contaminadas, y comenzó la labor de limpieza.*

*A finales de octubre se comenzó a trasladar los desechos procedentes de los principales trabajos de descontaminación hacia un depósito designado por el estado de Goias a 20 kilómetros de Goiânia. A mediados de diciembre se levantaron las restricciones impuestas a las principales zonas contaminadas de Goiânia. Se extrajeron más de 3000 metros cúbicos de desechos y se almacenaron en el nuevo repositorio.*

*En total, más de 700 trabajadores participaron en la respuesta, incluidos el personal de la CNEN y efectivos del ejército brasileño, así como personal de NUCLEBRAS, FURNAS, el estado de Goias y compañías privadas. Durante la operación la dosis de los trabajadores se mantuvo en un 20% de los límites profesionales anuales.*

*En el informe **El accidente radiológico en Goiânia\***, que publicó recientemente el OIEA, sobre la base de una reunión de examen de expertos celebrada en julio de 1988 en Río de Janeiro, organizada conjuntamente por la CNEN y el Organismo, figuran los pormenores del accidente, la respuesta que se le dio y las enseñanzas extraídas. A continuación se presenta un resumen de ese informe.*

\* El informe puede solicitarse a la División de Publicaciones del OIEA. Véase la sección **Keep abreast** para solicitar información.



En Goiânia, las autoridades decidieron utilizar un estadio olímpico cercano como zona en que aislar a algunos pacientes y examinar a otros con fines de selección en cuanto a contaminación. En la imagen: diversas personas en examen. (Foto: CNEN)

## El accidente

Ahora se conoce que a fines de 1985 un instituto privado de radioterapia, el Instituto Goiano de Radioterapia, situado en Goiânia (Brasil), se mudó para un nuevo inmueble, llevando consigo una unidad de teleterapia de cobalto 60 y dejó en el lugar una unidad de teleterapia de cesio 137, sin notificarlo a la autoridad encargada de conceder las licencias, como se estipula en la licencia del Instituto. Posteriormente el inmueble antiguo fue demolido parcialmente y, como resultado, la unidad de teleterapia de cesio 137 quedó totalmente desprovista de seguridad. Tiempo después, en septiembre de 1987, dos personas entraron en el lugar, y, desconociendo la naturaleza de la unidad, pero pensando que serviría como chatarra, extrajeron el conjunto de la fuente de la cabeza de radiación del equipo, lo llevaron a su casa y trataron de desmantelarlo.

En el intento se rompió la cápsula de la fuente radiactiva. Esta se encontraba en forma de cloruro de cesio producto de gran solubilidad y fácil dispersión. Sobrevino la contaminación del medio ambiente, que, entre otras cosas, provocó la irradiación externa y la contaminación interna de varias personas. De este modo se originó uno de los accidentes radiológicos más graves que jamás haya ocurrido.

Tras la ruptura de la cápsula, los fragmentos del conjunto de la fuente se vendieron como residuos metálicos al propietario de un depósito de chatarra, quien luego se percató de que el material de la fuente despedía un brillo azul en la oscuridad. Varias personas quedaron fascinadas ante este fenómeno y durante varios días amigos y parientes acudieron a presenciarlo. Se distribuyeron a varias familias fragmentos de la fuente del tamaño de un grano de arroz. Esta situación se mantuvo durante cinco días, momento en que ya algunas personas comenzaron a presentar síntomas gastrointestinales producidos por la exposición a la radiación de la fuente.

Aunque al inicio los síntomas no se atribuyeron a la irradiación, una de las personas irradiadas relacionó la enfermedad con la cápsula de la fuente y llevó los frag-

mentos al departamento de salud pública de la ciudad, lo cual desencadenó una serie de acontecimientos que culminaron en el descubrimiento del accidente.

Un físico de la localidad fue el primero en evaluar mediante vigilancia la envergadura del accidente, y por iniciativa propia tomó medidas para evacuar dos zonas. Paralelamente se informó a las autoridades, tras lo cual la respuesta fue de una magnitud y rapidez impresionantes. Inmediatamente se identificaron algunas otras zonas de gran contaminación y se evacuó a los residentes.

## Consecuencias desde el punto de vista humano

Poco después de conocerse que se había producido un accidente radiológico de envergadura, desde Río de Janeiro y São Paulo se enviaron a Goiânia especialistas, entre ellos físicos y médicos. A su llegada encontraron que se había designado un estadio como lugar temporal donde poder identificar a las personas contaminadas o lesionadas. Se estableció un servicio de examen médico de urgencia que permitió identificar a 20 personas necesitadas de tratamiento hospitalario.

Posteriormente, catorce de esas personas fueron internadas en el Hospital Naval Marcilio Dias de Río de Janeiro. Los seis paciente restantes fueron atendidos en el Hospital General de Goiânia. Se instaló un controlador de la actividad corporal para ayudar en el programa de bioensayo y vigilar la eficacia del medicamento Azul de Prusia, que se administró a los pacientes en ambos hospitales para acelerar la excreción del cesio. El análisis citogenético fue muy útil para distinguir las personas muy irradiadas de las menos expuestas que no requerían una atención médica intensiva.

La descontaminación de la piel de los pacientes, el tratamiento de la descamación debido a las lesiones producidas por la irradiación y la contaminación de las excretas constituyeron problemas importantes en lo que a atención se refiere. Los exámenes hematológicos y clínicos diarios, un buen trabajo de enfermería y el bioensayo de los cultivos sanguíneos contribuyeron a la

**Consideraciones sobre el accidente Goiânia**

Desde 1945 se ha documentado una vasta información sobre los accidentes que han presentado una gran sobreexposición a las radiaciones. La mayoría de los accidentes en instalaciones nucleares ocurrieron cuando se comenzaban a desarrollar las aplicaciones de la energía nuclear, algunos en reactores que habían alcanzado su criticidad y varios en reactores experimentales. Si bien la incidencia de accidentes radiológicos en las instalaciones nucleares ha disminuido considerablemente en los últimos años, su número ha ido en aumento en otros lugares. Varios han afectado a individuos del público. Algunos han provocado muertes cuando se ha perdido el control sobre fuentes de alta potencia que, al no haber sido reconocidas como tales, han ido a parar al dominio público.

El panorama general parece claro y bien documentado, aun cuando tal vez no se hayan notificado algunos accidentes radiológicos graves (por ejemplo, exposiciones en las manos de radiógrafos industriales) y, en ese sentido, no se dispone de información que habría sido útil en caso de accidentes análogos. En comparación con el número de muertes anuales que han ocasionado otros tipos de accidentes industriales, no son muchas las muertes por exposición radiológica que se han comunicado en el mundo en los últimos 40 años. Ahora bien, el hecho de que en las aplicaciones de la radiación se haya alcanzado un historial de seguridad relativamente favorable no es motivo para cruzarse de brazos, especialmente donde pueden tomarse medidas viables y eficaces para reducir el riesgo de tales accidentes.

**Accidentes radiológicos graves notificados, 1945-1987**

Tipo de instalación	Nº de sucesos	Sobre-exposiciones	Muertes
Instalaciones nucleares	27 ( 34 %)	272 ( 64 %)	35( 59 %)
Instalaciones no nucleares			
Industria	42 ( 52 %)	84 ( 20 %)	20( 34 %)
Investigación	7 ( 9 %)	10 ( 2 %)	-( - )
Medicina	4 ( 5 %)	62 ( 14 %)	4( 1 %)
	80 (100 %)	428 (100 %)	59(100 %)

En este contexto sobreexposición significa la exposición de todo el cuerpo, de los órganos hematógenos o de otros órganos críticos a 0,25 Sv o más; de la piel a 6 Sv o más; y la contaminación interna de la mitad o más de la "carga orgánica máxima permisible". (El concepto de la "carga orgánica máxima permisible" ha sido reemplazado por el concepto de "límite anual de incorporación".) En el cuadro se excluyen los sucesos relacionados con pacientes y las exposiciones fuera del emplazamiento en Chernobil.

**Accidentes radiológicos mortales notificados, 1945-1987**

Año	Lugar	Fuente de radiación	Víctimas	
			Trabajadores	Público
1945	Los Alamos, EE.UU.	Conjunto crítico	1	
1946	Los Alamos, EE.UU.	Conjunto crítico	1	
1958	Vinča, Yugoslavia	Reactor experimental	1	
1958	Los Alamos, EE.UU.	Conjunto crítico	1	
1961	Suiza	Pintura tritiada	1	
1962	México D.F., México	Fuente radiográfica perdida		4
1963	China	Irradiador de semillas		2
1964	Rep. Fed. de Alemania	Pintura tritiada	1	
1964	Rhode Island, EE.UU.	Planta de recuperación de uranio	1	
1975	Brescia, Italia	Irradiador de semillas	1	
1978	Argelia	Fuente radiográfica perdida		1
1981	Oklahoma, EE.UU.	Radiografía industrial	1	
1982	Noruega	Esterilizador de instrumentos	1	
1983	Constituyentes, Argentina	Reactor de investigación	1	
1984	Marruecos	Fuente radiográfica perdida		8
1986	Chernobyl, URSS	Central nuclear	29	
1987	Goiânia, Brasil	Fuente de teleterapia robada		4
Total: 17 sucesos y 59 muertes			40	19

**Nota:** El cuadro se refiere a notificaciones de accidentes ocurridos en instalaciones nucleares y no nucleares en la industria, la investigación y la medicina (se excluyen los sucesos relacionados con pacientes).

**Fuentes:** "The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness" (Proc. REAC/TS Int. Conf. Oak Ridge, TN, 1979) (Hübner, K.F., Fry, S.A., Eds), Elsevier North Holland, Nueva York (1980); Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, *Radiaciones Ionizantes: Fuentes y Efectos Biológicos*, Informe a la Asamblea General, 1982, Naciones Unidas, Nueva York (1982).

— La información y los cuadros se han tomado resumidos de la publicación *Examen de la seguridad nuclear en 1987*, de la que se pueden obtener ejemplares en la División de Publicaciones del OIEA. Para encargar documentación informativa véase la sección *Keep Abreast*.



Retirada de artículos contaminados. (Foto: CNEN)

pronta detección y terapia de las infecciones sistémicas locales.

Cuatro de las víctimas fallecieron en las cuatro semanas siguientes a su hospitalización. Los exámenes post mortem mostraron complicaciones hemorrágicas y sépticas asociadas al síndrome agudo de radiación. Las mejores estimaciones independientes de la dosis total de radiación corporal de estas cuatro personas, determinadas mediante análisis citogenético, oscilaron entre 4,5 gray (Gy) y más de 6 Gy. Dos pacientes con dosis estimadas similares sobrevivieron. En el tratamiento de personas sobreexpuestas se empleó un nuevo medicamento de tipo hormonal, el factor estimulador de colonia macrofágica de granulocitos (GM-CSF), con resultados dudosos. En un período de dos meses, todos los pacientes sobrevivientes que se encontraban en Río de Janeiro fueron remitidos al Hospital General de Goiânia, donde se les siguió aplicando el tratamiento para la eliminación del cesio hasta que se consideró seguro darles el alta del hospital.

Muchas personas estuvieron expuestas a la contaminación externa e interna. En total se controlaron 112 000 personas, de las cuales 249 presentaron signos de contaminación externa o interna. Algunas sufrieron una elevadísima contaminación externa e interna debido a la forma en que habían manipulado el polvo de cloruro de cesio, como haberse embadurnado la piel e ingerido alimentos con las manos contaminadas, y a la contaminación de los edificios, muebles, accesorios y utensilios.

Se analizaron más de 110 muestras de sangre de personas afectadas por el accidente mediante métodos citogenéticos. Se determinó la frecuencia de aberraciones cromosómicas en los linfocitos cultivados y se estimó la dosis absorbida utilizando curvas de calibración *in vitro*. Las estimaciones de dosis oscilaron entre cero y 7 Gy. El análisis estadístico de las células con aberra-

ciones cromosómicas indicó que algunos individuos estuvieron sujetos a exposiciones no uniformes. Aún se mantiene bajo vigilancia a los individuos que recibieron una elevada exposición para descubrir linfocitos portadores de aberraciones citogenéticas.

Se recogieron muestras de orina de todos los individuos con posibilidades de presentar contaminación interna, y sus análisis se emplearon como método de examen. Se tomaron muestras diarias de orina y heces fecales de los pacientes con contaminación interna. Utilizando modelos matemáticos se calcularon la dosis de incorporación y la dosis equivalente integrada durante 50 años por edades. Mediante la proporción de cesio excretado en las heces fecales y la orina se evaluó la eficacia del Azul de Prusia para acelerar su eliminación. Se envió a Goiânia un controlador de la capacidad corporal y se estimó el efecto de la dosis de Azul de Prusia administrada a los pacientes sobre el período biológico del cesio en el organismo.

### Contaminación ambiental

El medio ambiente quedó seriamente contaminado en el accidente. Las medidas tomadas para eliminar la contaminación pueden dividirse en dos fases: la primera corresponde a las medidas urgentes necesarias para poner bajo control todas las posibles fuentes de contaminación, y básicamente finalizó el 3 de octubre, pero algunos de sus elementos se extendieron hasta las Navidades de 1987, cuando se logró controlar todos los lugares de mayor contaminación. La segunda fase, que puede considerarse remedial y tenía por objeto restablecer las condiciones normales de vida, se prolongó hasta marzo de 1988.

Los objetivos primordiales de la respuesta urgente eran impedir altas dosis de radiación individual que pudiesen provocar efectos no estocásticos; determinar

los principales lugares de contaminación; y poner bajo control dichos lugares. En la respuesta inicial todas las medidas estuvieron encaminadas a poner bajo control todas las fuentes reales de exposición, labor que duró tres días.

Los primeros estudios radiológicos se efectuaron recorriendo a pie todas las zonas contaminadas. Se reconocieron siete focos principales de contaminación alrededor de los depósitos de chatarra, algunos de los cuales presentaban niveles de dosis de hasta 1 sievert por hora en un metro.

El estudio aéreo realizado con un helicóptero dotado de los equipos apropiados confirmó que no se había pasado por alto ninguna zona de gran contaminación. Durante dos días se controló toda la zona urbana de Goiânia, de más de 67 kilómetros cuadrados. Se confirmó la extensión de los siete focos principales conocidos y sólo se descubrió uno desconocido hasta entonces, que presentaba una tasa de dosis de unos 20 milisievert (mSv) por hora en un metro.

Puesto que era posible que se pasasen por alto zonas de menor contaminación, especialmente en las cercanías de las zonas muy contaminadas que estaban alrededor de los focos principales, se puso en práctica un sistema complementario de vigilancia que abarcó grandes extensiones, aunque limitado a las carreteras. Este sistema en que se emplearon detectores instalados encima de automóviles y en su interior, permitió abarcar el 80% de la red vial de Goiânia, de más de 2000 kilómetros. Los principales focos de contaminación fueron los depósitos de chatarra y las casas donde se violó la integridad de la cápsula de la fuente, los cuales abarcaban una zona de cerca de un kilómetro cuadrado.

En esta fase inicial de respuesta se establecieron niveles de acción para controlar el acceso (10 mSv por hora); para la evacuación y la prohibición del acceso (2,5 mSv por hora y posteriormente 10 mSv por hora

para las viviendas, y 150 mSv por hora para las zonas desocupadas); y para los trabajadores que participaron en la gestión del accidente (límites de dosis con las correspondientes tasas de dosis diarias, semanales y mensuales). En total, 85 casas presentaron un alto nivel de contaminación y de 41 de ellas se evacuó a 200 personas. A las dos semanas ya podían volver a ocuparse 30 casas. Cabe destacar que estos niveles, que corresponden aproximadamente a los valores más bajos de los niveles de intervención recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica y el OIEA (niveles que no requieren acción), fueron sumamente restrictivos, a causa de las presiones políticas y sociales.

Seguidamente se evaluó la dispersión de la contaminación por toda la zona y en la cuenca hidrográfica. Se estableció un laboratorio en Goiânia para medir el contenido de cesio en los suelos, las aguas subterráneas, los sedimentos y las aguas fluviales, el agua potable, la atmósfera y los alimentos. Sin embargo, solo fue necesario adoptar contramedidas para el suelo y los cultivos que se encontraban en una radio de 50 metros de los focos principales.

Las medidas de respuesta subsiguientes, principalmente encaminadas a la recuperación, tropezaron con varias dificultades en lo que respecta a la vigilancia de la zona urbana y la cuenca fluvial, a lo que se sumaron las fuertes precipitaciones ocurridas entre el 21 y el 28 de septiembre, que dispersaron aún más el cesio en el medio ambiente. En lugar de ser arrastrados por las aguas como se había esperado, los materiales radiactivos se depositaron en los techos, principal factor que contribuyó al aumento de las tasas de dosis en las casas.

Los niveles de contaminación en el agua potable fueron muy bajos. También se comprobó que las aguas subterráneas no estaban contaminadas, salvo unos cuantos pozos cercanos a los focos principales de contaminación,

### Control, empleo seguro y evacuación de fuentes radiactivas

En casi todos los Estados Miembros del Organismo está generalizado el uso de fuentes radiactivas de diversos tipos y funciones en la industria, la medicina, la investigación y la enseñanza. La pérdida del control de las fuentes radiactivas puede dar origen a exposiciones no previstas de trabajadores, pacientes y personas del público, en ocasiones con resultados fatales. Ejemplo de ello son los sucesos ocurridos en México en 1983-1984, en Marruecos en 1984, y el reciente accidente del Brasil en 1987.

Desde hace algún tiempo el Organismo viene aplicando programas encaminados a reducir la probabilidad de que se produzcan estos sucesos, como por ejemplo, las misiones del Programa Integrado de Asesoramiento en Gestión de Desechos (WAMAP) y los Equipos de asesoramiento en protección radiológica (EAPR). No obstante, los sucesos de 1987 han promovido en los Estados Miembros del Organismo nuevos esfuerzos encaminados a mejorar el control sobre las fuentes selladas.

A fines de 1987 el Organismo comenzó a aplicar nuevos programas para redoblar sus esfuerzos con miras a ofrecer una ayuda práctica a los Estados Miembros en el control de las fuentes durante su empleo y en la gestión de éstas al final de su vida útil. La asistencia en esta última esfera se ofrecerá por dos vías principales:

- Asistencia a corto plazo en la evacuación de desechos. En algunos Estados Miembros que actualmente no tienen capacidad para la gestión y evacuación de fuentes radiactivas en condiciones de seguridad puede estar justificada la acción rápida a corto plazo. Estos casos especiales se examinan y se determinan mediante los informes de las misiones WAMAP y EAPR. El Organismo prevé instituir debates sobre este y otros temas conexos con los Estados Miembros, incluidos los países que suministran fuentes radiactivas.

- Promoción de la capacidad nacional de gestión de desechos. El Organismo brindará orientación sobre los procedimientos para el acopio e inmovilización de las fuentes y, cuando proceda, para el almacenamiento seguro y la evacuación final. Se hace hincapié en la normalización de los diseños y procedimientos, como por ejemplo, en la elaboración de planes y diseños para las instalaciones de inmovilización y almacenamiento. Se ha concebido una práctica experimental de muchas de estas técnicas, que se llevará a cabo a fines de 1988 en colaboración con una misión WAMAP. Se hicieron preparativos para filmar un vídeo que ha de ilustrar las técnicas a fin de utilizarlo como parte del material de orientación, y en los cursos de capacitación.



Trabajos de descontaminación: una excavadora elimina un "punto caliente" radiactivo antes de demoler una casa. (Foto: CNEN)

los cuales presentaron una concentración de cesio justamente por encima del nivel de detección.

Las contramedidas más importantes que se tomaron durante esta fase remedial fueron la descontaminación de los lugares más contaminados (incluidas las zonas aledañas a los focos principales), en las casas, los lugares públicos, vehículos y otros. Para descontaminar los focos principales fue preciso emplear equipo pesado para la extracción de grandes cantidades de tierra y la demolición de viviendas. También se tuvo que construir un gran número de diversos tipos de receptáculos para los desechos, y planificar y construir una instalación provisional para almacenarlos. Esto se realizó a mediados de noviembre, y la descontaminación de los focos principales y del resto de las zonas se llevó a cabo desde mediados de noviembre hasta fines de diciembre de 1987.

Los niveles de investigación seleccionados para decidir las diversas medidas correspondieron a una dosis proyectada de 5 mSv en el primer año y a una dosis proyectada a largo plazo de 1 mSv anual en los años subsiguientes. El trabajo incluyó la demolición (y retiro de escombros) de siete casas y la extracción de tierra. Las excavaciones se recubrieron con hormigón o se rellenaron con tierra. En los lugares menos contaminados la principal fuente de exposición fue el polvo contaminado depositado en el terreno; tras extraer la capa vegetal de donde fue necesario, se cubrió la superficie con tierra limpia. De las 159 casas controladas, 42 tuvieron que ser descontaminadas, lo cual se realizó mediante la limpieza con aspiradores en el interior y el empleo de chorros de

agua a gran presión en el exterior. Se aplicaron varios procedimientos para la descontaminación química que resultaron eficaces, cada uno de ellos adaptados a las circunstancias, el material pertinente, y el nivel de radiactividad.

La selección de los niveles de acción para aplicar estas medidas remediales se hizo bajo fuerte presión política y del público, por tanto se establecieron niveles mucho más bajos que los que habrían resultado de un proceso de optimización y que, en la mayoría de los casos, podrían considerarse más aplicables a situaciones normales que a la fase de recuperación de un accidente.

Después de las Navidades de diciembre de 1987, se descontaminaron las zonas de tasa de dosis menor en torno a los focos principales. No hubo necesidad de utilizar equipo pesado y se crearon y adoptaron procedimientos de optimización. Esta fase se extendió hasta marzo de 1988.

Desde el comienzo, la respuesta generó grandes cantidades de desechos radiactivos. Se seleccionó un depósito provisional situado a 20 kilómetros de Goiânia para desechos, los cuales se clasificaron en no radiactivos (inferiores a 74 kilobecquerelios por kilogramo), de bajo nivel (inferiores a 2 mSv por hora) y de mediano nivel (entre 2 y 20 mSv por hora). Se emplearon diversos tipos de envases, según el nivel de contaminación. Para envasar los desechos se requirieron 3800 bidones metálicos (de 200 litros), 1400 cajas metálicas (de 5 toneladas), 10 contenedores de embarque (de 32 metros cúbicos), y seis juegos de envases de hormigón. El depósito provisional fue concebido para un volu-

men de desechos de 4000 a 5000 metros cúbicos, encapsulados en unos 12 500 bidones y 1470 cajas.

El volumen total final de los desechos almacenados fue de 3500 metros cúbicos, o más de 275 cargas de camiones. Este gran volumen puede atribuirse directamente a los restrictivos niveles de acción seleccionados, tanto en el período de emergencia como en la fase de recuperación. La carga económica de esos niveles, especialmente en esta última fase, dista de ser insignificante.

Se elaboró un sistema de muestreo para la vigilancia de los escurrimientos (incluida el agua de lluvia) que se produjeran desde la plataforma sobre la cual se colocaron los desechos. El mejor cálculo de la radiactividad presente en la contaminación es de alrededor de 44 terabecquerelios (1200 curios), en comparación con la radiactividad conocida de la fuente de cloruro de cesio, que antes del accidente era de 50,9 terabecquerelios (1375 curios). Aún no se ha tomado ninguna decisión con respecto al lugar definitivo para la evacuación de los desechos.

### Observaciones y recomendaciones

Con mucha frecuencia el análisis de los accidentes radiológicos sólo sirve para destacar lo que ya es harto conocido. Si bien es cierto que del análisis del accidente de Goiânia emanaron muchas observaciones y recomendaciones, las observaciones que figuran en este artículo no se refieren necesariamente a las circunstancias específicas del accidente.

Una de las principales observaciones en relación con la posible ocurrencia de este tipo de accidentes, es que nada puede hacer aminorar la responsabilidad de la persona a quien se confía la seguridad de una fuente radiactiva. El traslado de las fuentes radiactivas del lugar definido en el proceso de notificación, registro y concesión de la licencia, puede provocar un riesgo de envergadura. En consecuencia, la persona encargada de una fuente radiactiva debe garantizar los medios necesarios para impedir que se produzcan negligencias de esta índole entre los que se deberían incluir procedimientos de verificación y disposiciones adecuadas de seguridad. Aunque el régimen de reglamentación constituye una forma de verificar la eficacia del sistema profesional y de gestión, el control reglamentario y jurídico no puede, ni debe, disminuir la responsabilidad administrativa.

Para facilitar que la persona responsable de una fuente radiactiva cumpla su función, deben existir métodos adecuados de cumplimiento de los requisitos reglamentarios que sean específicos, sencillos y coercitivos. Sobre todo, se requiere una buena comunicación entre todas las partes interesadas en la aplicación y el cumplimiento de los requisitos de protección radiológica.

Un factor importante que contribuye a disminuir la probabilidad de accidentes radiológicos es el reconocimiento público general del peligro potencial que plantean las fuentes radiactivas. Debe prestarse la debida atención al establecimiento de un sistema de señales para los riesgos de radiactividad que pueda ser ampliamente reconocido por el público.

Las propiedades físicas y químicas de las fuentes radiactivas son muy importantes en relación con los ac-

identes radiológicos, y es preciso tenerlas en cuenta al conceder licencias para fabricar esas fuentes en vista de la influencia que pueden tener en las consecuencias de los accidentes con fuentes y en el mal manejo de éstas.

Si a pesar de todas las precauciones ocurre un accidente y se prevé un riesgo radiológico, es preciso contar con una cadena de información y mando bien establecida. A este respecto cabe mencionar que los preparativos para dar respuesta a las emergencias radiológicas deben abarcar no sólo los accidentes nucleares, sino toda la diversidad de posibles accidentes que entrañen exposición a las radiaciones.

Desde el punto de vista médico, la experiencia de Goiânia confirmó en general la idoneidad de las técnicas de diagnóstico y los antibióticos de que se dispone actualmente, así como de los métodos para la separación de plaquetas y las transfusiones. Además, demostró la utilidad de las estimaciones de dosis citogenéticas y la sorprendente eficacia del Azul de Prusia para eliminar la contaminación interna por cesio 137.

El tratamiento de las víctimas de accidentes radiológicos es extremadamente variado y complejo. Requiere que estas personas sean atendidas en hospitales por un personal con experiencia diaria en el tratamiento hematológico, quimioterapéutico, radioterapéutico y quirúrgico de pacientes con riesgo de cáncer, inmunosupresión y discrasia sanguínea. Por lo general, ni el personal médico ni las instalaciones de salud están preparados para atender lesiones producidas por la radiación o emergencias radiológicas. En los planes de emergencia radiológica debe preverse la asistencia médica inmediata de especialistas capacitados para tratar a ese tipo de pacientes. Con todo, el descubrimiento de la naturaleza de la lesión radiológica depende del grado de instrucción que tengan los trabajadores no nucleares y de que se cuente con profesionales de la salud capacitados, y todos ellos dependen a su vez de la amplitud con que se difundan los programas educacionales.

Con respecto a la forma de abordar la contaminación ambiental provocada por un accidente, conviene destacar el aspecto de las decisiones sobre los niveles de intervención. Generalmente existe la inclinación a imponer criterios extremadamente restrictivos para las medidas remediales, en la mayoría de los casos por consideraciones políticas y sociales. Esos criterios, sin embargo, imponen una carga económica y social considerable además de la que ocasiona el propio accidente, lo cual no siempre se justifica.

Por último, conviene señalar que todo accidente debe documentarse lo antes posible puesto que los hechos suelen tornarse imprecisos con el tiempo. Es de especial importancia difundir la información a los medios de comunicación, al público, y, sin dudas, a la fuerza de respuesta. Los grupos de respuesta, en particular, deben recibir apoyo en materia de gestión e información pública en consonancia con la magnitud de la emergencia. Las emergencias de envergadura requieren un rápido apoyo administrativo y de información pública desde el propio lugar de los hechos. Es indispensable que todos los individuos que puedan tener que responder a emergencias radiológicas se capaciten, tanto en cursos sistemáticos como en ejercicios prácticos, según las funciones que dado el caso tendrían que desempeñar.

### Enseñanzas extraídas por la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) del Brasil

- Un accidente radiológico que entrañe contaminación debido al desmantelamiento de una fuente radiactiva puede agravarse si transcurre mucho tiempo antes de que se descubra el accidente.
- Las propiedades físicas y químicas de una fuente radiactiva desempeñan un papel importante en un accidente. Los registros de las fuentes selladas deben contener esa información. Se sugiere que las propiedades físicas y químicas de las fuentes se tengan en cuenta al conceder licencias para su fabricación y que se destaquen las posibles consecuencias de un accidente o del mal uso de la fuente.
- Es imprescindible contar con un sistema de información adecuado para evitar el pánico entre el público. En general se debe dar a conocer al público qué es la radiación y cuáles son sus aplicaciones. Los medios de comunicación deben disponer de un folleto en que se expliquen los términos especiales y las unidades relacionadas con la radiación. En el caso de una emergencia radiológica, debe crearse un grupo que presente información a la asamblea legislativa, las escuelas, las iglesias, las asociaciones comunitarias y otras, así como a los medios noticiosos. Es preciso instruir al personal que trabaja en la descontaminación y en la atención a las víctimas sobre cómo brindar información comprensible a la población. Su contacto con los individuos afectados en el accidente de Goiânia resultó muy importante: las personas miden la gravedad de la contaminación por las reacciones de los trabajadores. Las personas más afectadas por el accidente juzgaban si sus viviendas estaban realmente libres de contaminación por el hecho de que el personal de la CNEN les aceptara agua o café.
- Debe preverse un sistema adecuado de apoyo social y psicológico luego de un accidente radiológico que ocasione una contaminación grave. Debe brindarse apoyo psicológico a las personas directa e indirectamente afectadas y al personal que trabaje en la respuesta a la emergencia. Debe contarse con los servicios de psicólogos que brinden asesoramiento, se unan al grupo encargado de tomar decisiones rápidas y planificar las medidas que han de tomarse, y evalúen la tensión a que posiblemente estarán sometidas las víctimas.
- La eficacia de la asistencia internacional que se preste tras un accidente radiológico depende de la infraestructura del país de que se trate. Los cursos de entrenamiento para casos de emergencia coordinados por el OIEA deben celebrarse en los países en desarrollo y no sólo en los países desarrollados donde se dispone de instalaciones que funcionan convenientemente. En general, estos programas tienen que ver con emergencias a las que responden organizaciones fuertes en condiciones que se conocen de antemano. En muchos países las circunstancias son muy disímiles, el equipo es diverso, el clima adverso y los asuntos se gestionan de modo diferente.
- En todo momento debe contarse con un sistema móvil de primeros auxilios que se pueda transportar por vía aérea.
- El OIEA debería llevar un registro del equipo radiológico disponible. Deberían modificarse los reglamentos aduaneros para facilitar la importación y reexportación de materiales y equipo. El OIEA debería tener a mano un juego de equipo radiológico listo para su expedición, y establecer en cada continente un centro regional para asistencia en caso de emergencia.
- Los instrumentos deben poder ajustarse a las condiciones imperantes en el lugar de modo que puedan emplearse en humedad y temperaturas elevadas y en condiciones ambientales inestables. Se debe capacitar a los operarios de los instrumentos a fin de que puedan distinguir claramente la tasa de dosis de respuesta para una amplia gama de dosis, y conocer cuál es el equipo más adecuado según las condiciones y sus factores de calibración.
- Deben llevarse registros de los recursos de personal disponibles según la esfera de trabajo. Debe haber acceso a expertos del OIEA para cada esfera de acción de suerte que, en caso de una emergencia, se pueda recabar su apoyo para los grupos locales de protección radiológica. Estos expertos deben estar en condiciones de prestar asesoramiento activamente en la adopción de decisiones y sobre medidas de intervención, y de participar en todos los trabajos que haya que realizar. La experiencia del accidente de Goiânia indicó que los informes supuestamente "mejores" que existían fueron en realidad elaborados por especialistas que no habían participado en la respuesta.
- Es indispensable crear un depósito de desechos provisional cerca de la zona afectada por un accidente radiológico. La demora en tomar una decisión, casi siempre de carácter político, sobre dónde construir la instalación de almacenamiento podría dar lugar a una mayor dispersión del material radiactivo en el medio ambiente.
- Debe disponerse de una infraestructura de personal de ingeniería civil para que participe en la labor de descontaminación.
- En la adopción de decisiones y la organización de los grupos de trabajo creados a raíz de un accidente radiológico debe estar bien definida la jerarquía. En el proceso de adopción de decisiones, desde la planificación hasta la acción y la evaluación de las consecuencias, las responsabilidades se deberán asignar de manera muy clara y cada grupo debe conocer con precisión sus funciones. De ser posible, cada grupo debe tener un jefe que lo dirija en condiciones normales de trabajo.
- En términos generales, el programa de inspección de instalaciones y equipos radiológicos es muy importante. Ahora bien, sólo es eficaz si lleva aparejado algún tipo de sistema de medidas coercitivas, por ejemplo la asignación de responsabilidad civil o profesional a las fuentes de concesión de licencias.

