

## De nuevo Goiânia: Perspectivas de un repositorio definitivo de desechos radiactivos

*La decisión sobre la evacuación definitiva de los desechos del accidente ocurrido en 1987 abarca una amplia gama de aspectos técnicos, sociales y políticos*

por  
A.S. Paschoa,  
A. Tranjan Filho  
y J.J. Rosenthal

El 13 de septiembre de 1987, se desencadenó una serie de acontecimientos lamentables que desembocaron en lo que llegó a conocerse sencillamente en todo el mundo como el "accidente de Goiânia".

Una fuente blindada de cesio 137 sumamente radiactiva fue extraída de su contenedor, el cual formaba parte de un equipo de teleterapia que se encontraba en una clínica abandonada en Goiânia, estado de Goiás, en el Brasil. Posteriormente se rompió la cápsula de la fuente y los fragmentos del conjunto de la fuente se vendieron como residuos metálicos al propietario de un depósito de chatarra, quien se percató de que el material despedía un brillo azul en la oscuridad. Este fenómeno deslumbró a la gente y durante varios días amigos y parientes acudieron a presenciarlo. Algunos fragmentos de la fuente del tamaño de un grano de arroz fueron a parar a los hogares de varias familias, y otros se dispersaron por varios lugares en toda la ciudad. Cuando se descubrió la magnitud del accidente y se tomaron contramedidas, ya muchas personas habían absorbido elevadas dosis de radiación a causa de la exposición externa e interna. Cuatro de las víctimas fallecieron y 28 personas sufrieron quemaduras como resultado de las radiaciones. Se contaminaron viviendas y lugares públicos. En los trabajos de descontaminación fue preciso demoler siete viviendas y algunos otros edificios, así como extraer la capa vegetal de grandes extensiones de tierra. En total, se generaron aproximadamente 3500 metros cúbicos de desechos radiactivos.

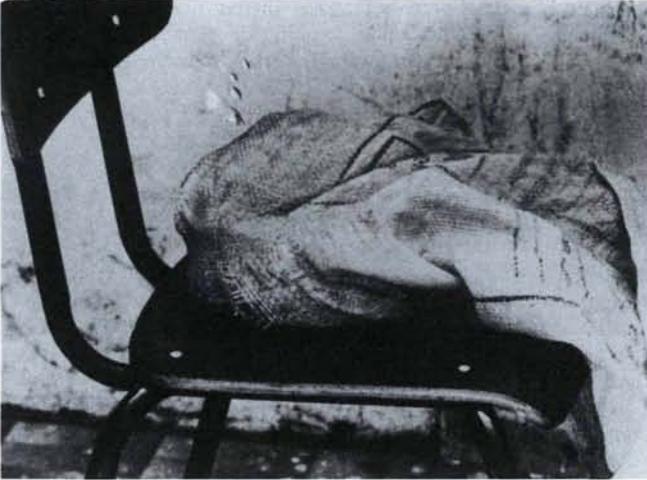
El Sr. Paschoa, ex Director de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear de la Comissão Nacional de Energía Nuclear (CNEN) del Brasil, es profesor asociado del Departamento de Física de la Pontificia Universidade Católica de Río de Janeiro. El Sr. Tranjan Filho es Coordinador del Proyecto Goiânia de la CNEN y el Sr. Rosenthal es Jefe del Distrito de la CNEN en Goiás. El presente artículo se basa en un documento más pormenorizado y provisto de referencias que se puede obtener solicitándolo a los autores en la siguiente dirección: CNEN, Rua General Severiano 90, Botafogo RJ, Brasil. En 1988 el OIEA publicó un amplio informe sobre el suceso, titulado *El accidente radiológico de Goiânia*.

A la sazón, las autoridades públicas del Brasil, con la colaboración de ciudadanos de la localidad y voluntarios nacionales e internacionales, realizaron ingentes esfuerzos para limitar las consecuencias del accidente. En centros especiales se descontaminó a las personas que estuvieron expuestas a las radiaciones, y todos los demás objetos contaminados, desde plantas hasta juguetes y ropas, se manipularon como desechos radiactivos y se almacenaron en un depósito provisional.

Los fragmentos restantes de la fuente de cesio 137 se enviaron a un centro de salud atendido por el estado de Goiás y se colocaron sobre una silla. En esos momentos las tasas de exposición a las radiaciones eran de alrededor 10 sievert por hora (Sv/h) cerca de la fuente y 0,4 Sv/h a un metro de distancia. El 1 de octubre de 1987 la silla y la fuente se revistieron con hormigón.

La densidad típica de una fuente de cesio 137 para teleterapia, similar a la que provocó el accidente de





Las autoridades brasileñas encontraron en un saco los restos restantes de la fuente de cesio 137 pequeña, pero sumamente radiactiva que provocó el accidente de Goiânia de 1987.

Colocaron el saco en una silla y lo sellaron con hormigón.

Los desechos radiactivos generados en el accidente, que ascendieron a 3500 metros cúbicos, se envasaron en contenedores especiales y se enviaron a un depósito provisional ubicado en Golás.

Ahora las autoridades están enfrascadas en la selección del emplazamiento y la construcción de un repositorio definitivo de desechos radiactivos. (Cortesía: CNEN)



Goiânia, es de unos tres gramos por centímetro cúbico. Así pues, probablemente el volumen inicial de la fuente era de sólo 24 centímetros cúbicos más o menos. En el momento del accidente, la actividad de la fuente era de 50,9 terabequerios (TBq), o 1375 curios. El total de los desechos radiactivos que generó después de su ruptura fue casi 150 000 veces mayor que su volumen inicial y alcanzó una actividad general que osciló entre 47 y 49,6 TBq, o entre 1270 y 1340 curios.

Durante los últimos cinco años, las autoridades del Brasil han estado enfrascadas en un amplio proceso de adopción de decisiones relativas al emplazamiento y la construcción de un repositorio permanente para desechos radiactivos generados en el accidente de Goiânia. En este artículo se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de dicho proceso, cuyas actividades abarcan desde la preparación de evaluaciones de los efectos ambientales hasta la celebración de audiencias públicas y debates. Los temas tratados no sólo abordan cuestiones técnicas sino también aspectos sociales, políticos y éticos.

### Selección del emplazamiento del repositorio

Los desechos del accidente de Goiânia se han almacenado provisionalmente en un depósito cercano al poblado Abadía de Goiás, ubicado a unos 23 kilómetros del centro de Goiânia. El emplazamiento cuenta con seis plataformas de hormigón de 60 por 18 metros cuadrados cada una, sobre las cuales están colocados los desechos.

Las reglamentaciones del Brasil en materia de evacuación de desechos radiactivos exigen el confinamiento de dichos materiales para proteger a los seres humanos y preservar el medio ambiente a corto y largo plazos. Las reglamentaciones se ajustan a los conceptos internacionalmente reconocidos de la evacuación subterránea de desechos radiactivos, es decir, los recomendados por el OIEA. La Comissão Nacional de Energía Nuclear (CNEN) del Brasil tomó en cuenta dichos conceptos y requisitos jurídicos al determinar los procedimientos de selección del emplazamiento para la evacuación definitiva de los desechos radiactivos derivados del accidente de Goiânia.

En resumen, los procedimientos abarcaron varias etapas:

- Se declaró todo el estado de Goiás como una "región de interés" y se tomaron en cuenta los aspectos técnicos, sociopolíticos y económicos.

- Se realizaron estudios regionales para identificar zonas preliminares y eliminar las no idóneas. Se analizaron mapas detallados y entre los factores analizados se tomaron en cuenta los relacionados con la demografía, las zonas mineralizadas, los contornos geográficos, las condiciones hidrológicas, los ecosistemas, la sismicidad y las reservas biológicas de cada región, así como la existencia en ella de parques nacionales o estatales o reservaciones de indios. En total se identificaron 189 zonas preliminares.

- Se continuaron evaluando estas zonas preliminares para seleccionar zonas potenciales. Se realizaron análisis basados en aspectos fisiográficos y

geológicos utilizando mapas detallados a fin de descartar zonas a partir de estudios litológicos y tectónicos. De esta manera se seleccionaron 18 zonas potenciales.

- Tras un examen *in situ* de las zonas potenciales se seleccionaron tres posibles emplazamientos. En estos estudios se empleó una metodología que abarcaba aspectos relacionados con la geología, la tierra y el uso de la propiedad, la profundidad de los acuíferos, las características de los suelos y los requisitos de transporte. Los tres posibles emplazamientos están situados a 400 metros, 74 kilómetros y 100 kilómetros respectivamente del depósito provisional.

Se presentaron al gobierno del estado de Goiás los tres posibles emplazamientos para que realizara la selección definitiva. Se esperaba que la selección recayera en el emplazamiento más cercano a fin de reducir al mínimo las posibilidades de un accidente durante el transporte de volúmenes grandes y pesados de desechos radiactivos. Las autoridades gubernamentales de Goiás analizaron los emplazamientos teniendo en cuenta el importante aspecto del transporte, así como las tendencias de crecimiento de la población de Goiânia. Posteriormente, las autoridades gubernamentales y la CNEN decidieron, de consuno, iniciar evaluaciones del impacto ambiental en la zona más cercana al depósito provisional.

### Criterios para la evacuación de desechos

En numerosos países se han adoptado criterios para la evacuación de los desechos radiactivos de actividad baja e intermedia. (Véase el cuadro.) No obstante, se sabe que es difícil aplicar criterios de protección radiológica para la evacuación a largo plazo de los desechos radiactivos. Las autoridades nacionales interpretan de diferentes formas los principios de justificación, optimización y limitación de la dosis individual, sobre todo tratándose de la evacuación de desechos radiactivos. Por ejemplo, los criterios para la limitación de la dosis individual oscilan anualmente entre 0,10 y 1,0 mSv. Los criterios para el control institucional de un repositorio sellado varían también de un país a otro.

La limitación de la dosis individual adoptada en el Brasil equivale a 0,3 mSv por año. Esto corresponde a una concentración de cesio 137 de aproximadamente 87 Bq/g, que se basa en modelos de recubrimiento de tierras y vías de contaminación utilizados por el OIEA en la obtención de concentraciones derivadas exentas para la formulación de sus recomendaciones. No obstante, como estos modelos y vías son genéricos, es necesario elaborar un modelo ambiental propio del emplazamiento para las evaluaciones antes de adoptar un valor definitivo de las concentraciones exentas de los desechos radiactivos. En el caso de los desechos de Goiânia, aunque no se espera que el valor adoptado en el Brasil (87 Bq/g) cambie de forma significativa en lo que a exención se refiere, las decisiones que se están adoptando podrían sufrir cambios.

Los desechos de Goiânia, que ahora están almacenados en el depósito de Abadía de Goiás, se han clasificado en cinco grupos. (Véase el cuadro.) El

volumen y las concentraciones medias de cada grupo se determinaron tomando como base la información sobre la forma en que se envasaron los desechos, y la suposición de que la masa específica media es de unos 1700 kilogramos por metro cúbico.

Teniendo en cuenta la concentración media de cada grupo, los expertos brasileños calcularon el tiempo necesario para que cada grupo de desechos se desintegrara hasta alcanzar un nivel de concentración inferior o igual a 87 Bq/g. Estimaron que en menos de 360 años todos los desechos radiactivos serían inocuos desde el punto de vista radiológico. Los desechos de mayor concentración media tendrían que permanecer confinados durante todo ese tiempo, pero a este grupo sólo le corresponde alrededor del 1,5% del total del volumen de desechos. El grupo mayor, al que se atribuye casi la mitad del total del volumen de desechos, ya tiene una concentración media inferior a los 87 Bq/g y técnicamente podría considerarse exento de controles reglamentarios.

Los desechos correspondientes a los grupos segundo y tercero, que en conjunto representan aproximadamente el 40% del volumen total, se han vuelto a encapsular en contenedores cilíndricos de hormigón. Asimismo, un blindaje improvisado se volvió a encapsular en un bidón metálico de mayor capacidad.

### Debates en curso

El proceso de adopción de decisiones sobre la construcción del repositorio definitivo de los desechos radiactivos generados en el accidente de Goiânia ha requerido un gran número de conversaciones y debates aclaratorios con asociaciones de profesionales, agrupaciones locales, sociedades académicas y otras entidades. En Goiânia y en otras localidades se siguen realizando actividades de este tipo.

En todos los casos, las conversaciones no se limitan a tratar aspectos técnicos sino que abarcan también cuestiones éticas y sociopolíticas. La importancia de estos aspectos radica en la necesidad de alcanzar un equilibrio que permita encontrar una solución permanente del problema. El repositorio tendrá que durar más de tres siglos.

Antes de que se adopte la decisión definitiva, queda mucho por hacer. Conforme a lo dispuesto en la legislación del Brasil, en estos momentos se realiza una evaluación de los efectos ambientales y después se presentará un resumen de los estudios en audiencias públicas. Para construir cualquier instalación nueva como el repositorio de desechos de Goiânia se necesita la aprobación de las autoridades federales, estatales y municipales.

Pese a las dificultades inherentes a este ejercicio, las innumerables rondas de conversaciones, debates y audiencias públicas relacionadas con este proceso tienen una importancia capital para la aceptación del repositorio de desechos radiactivos de Goiânia. A fin de cuentas, en lo tocante a valores éticos o experiencia sociopolítica los científicos e ingenieros no están necesariamente mejor preparados que otros sectores de la sociedad para decidir por sí solos estas cuestiones.

### Desechos radiactivos de cesio 137 depositados provisionalmente en Abadía de Goiãs.

Grupo de desechos	Volumen (en metros cúbicos)	Porcentaje del volumen total	Concentración media (kilobecquerelio por kilogramo)	Tiempo desintegración (años)
5	51	1,5	$3,21 \times 10^5$	356
4	429	12,8	$1,43 \times 10^4$	221
3	578	17,2	$1,45 \times 10^3$	122
2	769	22,9	$3,2 \times 10^2$	57
1	1534	45,6	26,9	0

Nota: El tiempo de desintegración es el número de años necesarios para que el material alcance una concentración de 87 Bq/g o menos, nivel de exención establecido en el Brasil para estos desechos.

### Criterios para la evacuación de desechos radiactivos que se han adoptado o se están adoptando en determinados países

	Dosis (1 mSv por año)	Control (años)	Observaciones
Francia	1,00	300	Se derivó una concentración alfa media de 370 Bq/g a partir de una dosis individual de 1 mSv por año
Alemania	0,30	ninguno	Los análisis de seguridad deben basarse en hipótesis conservadoras
Brasil	0,30	sin definir	Es necesaria la optimización
Estados Unidos	0,25 (todo el cuerpo) 0,75 (tiroides) 0,25 (otros órganos)	sin aclarar	Se puede exigir también una dosis anual de 0,50 mSv para todo el cuerpo y en período de control institucional de 100 años
Suecia	0,10	$1 \times 10^4$	Evacuación de desechos radiactivos de actividad baja e intermedia en un repositorio ubicado en una cueva de lecho de roca cercana a Forsmark
Suiza	0,10	ninguno	No se exige la estimación de la dosis colectiva ni el análisis de los costos y los beneficios
Reino Unido	0,10	300	Es necesaria la optimización; se supone que el riesgo anual de fallecimientos por exposición a radiaciones de 1 mSv por año es de $10^{-5}$

Nota: La dosis se refiere a la limitación de la dosis equivalente individual, que se basa por lo general en modelos de transporte realistas. El control se refiere al control institucional una vez sellado el repositorio.

Fuente: Una parte de los datos se tomó de "The Development of Criteria for Radioactive Waste Disposal", de K.P. Wagstaff, Radioactive Waste Management Criteria, INFO-0158, Canadian Radiation Protection Association Workshop, Toronto, Ontario (1985).