

ACCION OPORTUNA

POR ABEL J. GONZALEZ

Cuando se utilizan como es debido, las fuentes de radiación y los materiales radiactivos son instrumentos útiles que no representan peligros inaceptables para las personas ni el medio ambiente. De hecho, sus aplicaciones en esferas como la medicina, la industria, la agricultura y la investigación ambiental ayudan a que los países obtengan considerables beneficios sociales y económicos, importantes para los objetivos mundiales del desarrollo sostenible.

Durante gran parte de los últimos cincuenta años, el OIEA ha contribuido eficazmente a promover la aplicación de técnicas que utilizan, de manera constructiva, las propiedades de la radiación ionizante, sobre todo, en el mundo en desarrollo. Igualmente importante es que el Organismo haya sido el abanderado, junto con otras organizaciones asociadas, de la implantación de normas internacionales para la protección de las personas contra la exposición a las radiaciones, y también para la seguridad funcional de las fuentes de radiación y la seguridad física de los materiales radiactivos. Estas normas tienen amplio apoyo, y su examen y revisión periódicos han contribuido, de manera eficaz, a mantenerlas a tono con los últimos conocimientos científicos que se adquieren sobre los efectos de las radiaciones en la salud humana y el medio ambiente, y con los adelantos técnicos que se hacen en materia de seguridad funcional y física.

No obstante, aunque las normas mundiales existen --y se fortalece --

se está creando una alarmante situación relacionada, lamentablemente, con las trágicas consecuencias de accidentes en los que intervinieron fuentes de radiación que no ofrecían garantías de seguridad; abandonadas, perdidas o no controladas, y que han incluido casos de tráfico ilícito de materiales radiactivos, principalmente en los años noventa.

La nueva situación mundial revela que las actuales normas mundiales --aunque refrendadas por los gobiernos-- no son forzosa-mente adoptadas ni aplicadas. Los sucesos ocurridos indican que demasiadas fuentes de radiación no están sujetas a la debida gestión ni reglamentación; con demasiada frecuencia, esos requisitos de seguridad no se cumplen ni están en vigor siquiera; y demasiados gobiernos, que tienen la responsabilidad primordial de regular la seguridad física y funcional, carecen de la infraestructura adecuada para cumplirlos como corresponde.

En una conferencia internacional, celebrada en Dijón Francia, copatrocinada por el OIEA, la Comisión Europea, la Organización Internacional de Policía Criminal y la Organización Mundial de Aduanas, se produjo, en 1998, un cambio radical en la toma de conciencia, a nivel mundial, respecto de estos graves problemas.

Conscientes de la necesidad de actuar, los Estados están actualmente en condiciones de tomar otras medidas para fortalecer la cooperación internacional en materia de seguridad física y funcional. En marzo de 1999, la

Junta de Gobernadores del OIEA, integrada por 35 miembros, analizó el asunto. La Junta tiene ante sí un Plan de Acción multifacético, para su aprobación, el cual será presentado posteriormente a los 129 Estados Miembros del Organismo en su Conferencia General de septiembre de 1999. Las medidas constituyen una acción oportuna contra un peligro mundial, básicamente oculto que, sin duda, está saliendo a la luz.

En la presente edición del Boletín del OIEA, se analizan detenidamente los problemas y cuestiones que enfrenta la comunidad internacional, y las medidas que los Estados toman para reforzar la seguridad funcional de las fuentes en radiación y la seguridad física de los materiales radiactivos.

Durante los últimos cincuenta años, se ha notificado un gran número de accidentes relacionados con fuentes de radiación y materiales radiactivos. Han muerto personas por causas atribuidas a la exposición excesiva a las radiaciones, y muchas más han sufrido lesiones graves, a veces, discapacitantes. En algunos casos, el daño ambiental asociado ha sido notable y la restauración, costosa, desde el punto de vista financiero.

El denominador común de los accidentes más importantes es la violación de los requisitos de

El Sr. González es Director de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA.

SEGURIDAD FUNCIONAL Y SEGURIDAD FISICA: DEFINICION DE LOS TERMINOS

Safety y *security*, “sûreté” y “sécurité” son dos términos distintos en inglés y en francés; en todos los demás idiomas principales, se utiliza una palabra común para estos dos conceptos. No es extraño, por tanto, que muchas personas se pregunten qué diferencia hay, realmente, entre *safety* y *security*. Si recurren a los diccionarios, quizás no les sirva de mucho, porque una de las definiciones de *security* es *safety* y viceversa. En el contexto de la exposición a las radiaciones, las dos palabras se utilizan para denominar un conjunto de características de índole administrativa, técnica y de gestión.

■ La **seguridad funcional de las fuentes de radiación** se refiere a las características que reducen la probabilidad de que pase algo a una fuente y, como resultado, se produzca la sobreexposición de las personas.

■ La **seguridad física de los materiales radiactivos** se refiere a las características que impiden la posesión no autorizada de materiales radiactivos, y que aseguran que no se ceda o transfiera indebidamente su control.

El tema de la **seguridad funcional** abarca todos los tipos de fuentes de radiación, es decir, los generadores de radiación y los materiales radiactivos. Los generadores pueden producir radiaciones de intensidad sufi-

ciente para ocasionar graves consecuencias radiológicas. En el mismo sentido, la actividad del material radiactivo y, a veces, su concentración de actividad, pueden dar lugar a graves situaciones radiológicas.

El tema de la **seguridad física** se limita, por lo general, solo a los materiales radiactivos y no a otras fuentes de radiación. Ello se debe a que los generadores de radiación ionizante, como, por ejemplo, las máquinas de rayos X y los aceleradores, tienen menos probabilidades de ser una amenaza para la seguridad física. La seguridad física de los materiales radiactivos es necesaria para lograr dos propósitos fundamentales: por una parte, evitar que los materiales radiactivos perdidos causen daño a las personas; por la otra, impedir que los materiales radiactivos que también son materiales (nucleares) fisionables especiales, como el uranio 235 y el plutonio 239, utilizados para fines lícitos, sean desviados para fines ilícitos o delictivos. Los artículos de la presente edición del *Boletín del OIEA* prestan especial atención al primero de estos dos propósitos. No obstante, cabe señalar que el OIEA tiene un programa completo de seguridad física de los materiales nucleares para los fines de las salvaguardias.

seguridad física o funcional.

Otro rasgo común es que, en la mayoría de los casos, estos accidentes pudieron haberse evitado mediante la aplicación de las normas internacionales de seguridad que fueron elaboradas y publicadas con ese fin.

En el uso diario habitual, se emplean, sin riesgos, las fuentes de radiación y las tecnologías como fueron diseñadas, aprobadas y reglamentadas para el comercio. Pueden ser generadores de radiación, como máquinas de rayos X y aceleradores de partículas, o instrumentos y dispositivos que contienen materiales radiactivos. Muchas fuentes son dispositivos sellados, con el material radiactivo bien confinado o aislado dentro de una cápsula o envoltura adecuadas; otras son materiales radiactivos en forma no sellada.

Si no ofrecen garantías de seguridad física o funcional, las fuentes de radiación pueden ser nocivas para la salud humana, con diversos niveles de riesgo,

según sus características. Las fuentes selladas sólo deben plantear el riesgo de la exposición externa a las radiaciones. Sin embargo, las fuentes selladas dañadas o con escape, así como los materiales radiactivos no sellados, pueden producir la contaminación del medio ambiente y la incorporación de sustancias radiactivas en el cuerpo humano.

CUANTIFICACION DEL PROBLEMA

Los términos *seguridad funcional* y *seguridad física* se refieren a diferentes aspectos de los problemas mundiales que se enfrentan. (Véase el recuadro de la parte superior.) Hacer la distinción es importante para comprender tanto el alcance y carácter de los problemas como las contramedidas que puedan tomarse con eficacia.

Seguridad funcional de las fuentes de radiación. Muchos accidentes graves notificados están relacionados con las violaciones de la seguridad funcional

de las fuentes de radiación.

Algunas veces ocurrieron porque el equipo no era suficientemente fiable; otras, por errores humanos o de gestión. Muchos accidentes han puesto de relieve problemas de fiscalización reglamentaria nacional.

No existe una base de datos completa sobre todos los accidentes relacionados con las radiaciones, ocurridos en el mundo. El OIEA ha compilado una lista de los más importantes, utilizando los que fueron objeto de información impresa pública. (Véanse los cuadros de las páginas 14 y 15.) Con el apoyo de las autoridades locales, el Organismo también ha evaluado las causas y consecuencias de diversos accidentes, y ha publicado los resultados. El propósito es promover el intercambio de experiencias y la aplicación de las lecciones extraídas. (Véase el recuadro de las páginas 16 y 17.)

Seguridad física de los materiales radiactivos. Las violaciones de la seguridad física de los

Confiscaciones de fuentes radiactivas, 1993-1998

POR PAIS	Número de casos	Porcentaje de casos
Alemania	67	28,6
Federación de Rusia	52	22,1
Polonia	18	7,7
Ucrania	17	7,2
Lituania	17	7,2
Turquía	14	6,0
Bulgaria	10	4,3
Estonia	8	3,4
República Checa	7	3,0
Belarús	6	2,6
Azerbaiyán	3	1,3
Italia	3	1,3
Nueva Zelandia	1	0,4

POR ELEMENTO RADIOACTIVO

	Número de casos	Porcentaje de casos
Uranio	129	55,1
Cesio	53	22,6
Plutonio	10	4,3
Radio	5	2,1
Americio	3	1,3
Otros	34	14,5

Fuente: Organización Mundial de Aduanas

materiales radiactivos han provocado la pérdida, el robo o sencillamente, el abandono de estos. No existe información sobre el número de estos sucesos ocurridos en todo el mundo. Sin embargo, solo en los Estados Unidos, la Comisión de Reglamentación Nuclear (NRC) recibe anualmente unos 200 informes sobre fuentes radiactivas perdidas, robadas o abandonadas. Estos niveles son altos para un país, donde las reglamentaciones relativas al control de las fuentes radiactivas son particularmente restrictivas y la autoridad reguladora es especialmente eficiente. Los funcionarios de más experiencia de la NRC piensan que suceden más casos que no se notifican, y que es probable que el volumen de informes recibidos sea solo "la punta del iceberg".

Esta incertidumbre está vinculada con lo que ha llegado a conocerse como "fuentes huérfanas": las que escapan al control reglamentario, o están total-

Productos contaminados con materiales radiactivos importados en los Estados Unidos

Producto	Contaminante	Año	Origen
Acero, hierro	Cobalto 60	1984	México
Acero	Cobalto 60	1984	Taiwan, China
Acero	Cobalto 60	1985	Brasil
Acero	Cobalto 60	1988	Italia
Acero	Cobalto 60	1991	India
Ferrofósforo	Cobalto 60	1993	Kazajstán
Acero	Cobalto 60	1994	Bulgaria
Polvo de horno	Cesio 137	1995	Canadá
Plomo	Plomo 210, bismuto 210, polonio 210	1996	Brasil
Acero	Cobalto 60	1998	Brasil

Fuente: Comisión de Reglamentación Nuclear de EE.UU.

mente perdidas y abandonadas. La industria mundial de reciclado de metales ha sido particularmente vulnerable a las fuentes huérfanas, las cuales pueden mezclarse con los residuos metálicos destinados al reciclado. Las personas que las encuentran, atraídas por la perspectiva del lucro, a veces las venden por el valor del metal a los vendedores de chatarra, quienes, por lo general, no son conscientes del contenido radiactivo. Así, la fuente entra en el inventario mundial de chatarra que, debido a la reciente apertura de los mercados en el mundo, ha llegado a ser prácticamente incontrolable. En la base de datos de la NRC, están almacenados más de 2300 informes sobre fuentes encontradas en residuos metálicos. (Véase el cuadro de la página 6.) Algunas veces, se sabe que las fuentes de radiación fueron fundidas después de detectar la contaminación radiológica en los productos importados. La NRC ha detectado varios de esos casos. (Véase el cuadro de esta página.)

En 1998, ocurrió un incidente en Algeciras, España. Gases, aerosoles y partículas radiactivas provenientes de la fusión de una fuente fueron liberados al medio ambiente y detectados sobre Europa. Aunque el incidente fue de poca gravedad y las autorida-

des españolas lo notificaron con prontitud, la contaminación transportada por el aire suscitó la preocupación del público. No existen compromisos internacionales que obliguen a notificar estos tipos de sucesos, ni existe un registro internacional de casos de supuestas fusiones de fuentes radiactivas, o chatarra contaminada, o de productos contaminados detectados. Otra vez, la información de la NRC puede ser sólo la punta de un gran iceberg.

A pesar de esta inquietante situación, tranquiliza saber que el robo y el contrabando de materiales radiactivos para fines malévolos, han sido, históricamente, sucesos poco frecuentes. Sin embargo, ya no es un delito inconcebible del futuro el que los terroristas utilicen productos químicos, biológicos y --quizás más adelante-- materiales radiactivos como armas.

No es de extrañar que los gobiernos estén cada vez más preocupados por el movimiento ilícito de materiales nucleares y radiactivos. Los funcionarios de aduana decomisan algunos materiales, pero otros logran cruzar las fronteras nacionales sin ser detectados, sobre todo, cuando ese personal no sabe qué debe buscar ni dispone del equipo para enfrentar el problema.

Entre 1993 y 1998, la Organización Mundial de Aduanas (OMA) ha notificado 234 casos confirmados de confiscaciones. (Véase el cuadro de esta página.) La Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL) también ha trabajado en esta esfera. Se realizó un estudio analítico, que abarcó principalmente la región de Europa, en el período comprendido entre 1992 y 1994. Como parte de su programa, el OIEA también mantiene una base de datos de incidentes notificados. (Véase el recuadro de la página 7.)

De nuevo, quizás estos datos sólo reflejen una parte del problema, y es necesario investigar más.

CAUSAS DE LA PREOCUPACION

En la Conferencia Internacional sobre seguridad de fuentes de radiación y de materiales radiactivos, celebrada en septiembre de 1998, fue donde se produjo un cambio decisivo en el mundo respecto del interés en los problemas de la seguridad funcional de las fuentes de radiación y la seguridad física de los materiales radiactivos. Empezaron a perfilarse las causas de los problemas y preocupaciones, y también las razones de una acción mundial para encontrar soluciones. (Véase el recuadro de la página 10.) Para algunos expertos de esa esfera, resulta sorprendente que estos problemas aparezcan ahora en el orden del día internacional. Otros creen que es consecuencia lógica del aumento de la comprensión internacional de esta cuestión.

Durante sus 70 años de existencia, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) ha producido unas cien publicaciones, que contienen recomendaciones relativas a la protección contra la radiación ionizante. Las organizaciones nacionales e internacionales las han utilizado para establecer

normas de protección radiológica. Sin embargo, no fue hasta fecha muy reciente que la CIPR comenzó a tratar, de manera específica, el problema de la seguridad funcional de las fuentes de radiación.

El OIEA ha desempeñado una función rectora dentro del sistema de las Naciones Unidas en el establecimiento de las normas de seguridad y ha publicado más de cien documentos sobre el tema. Sin embargo, hasta la aparición de las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación* (NBS), la seguridad funcional de estas fuentes se había abordado vagamente en las normas del OIEA. En las normas internacionales, tampoco se prestaba atención al problema de la seguridad física hasta que se publicaron las NBS. Todavía, los requisitos de seguridad ahora establecidos son de naturaleza general, y contienen muy poca cuantificación.

Criterio para medir la seguridad física y funcional. La solución de los problemas de la seguridad física y funcional requiere un criterio para medir su alcance. A pesar de las deficiencias en el tema de la seguridad física, las NBS proporcionan ese criterio a nivel internacional. Su propósito fundamental es, sencillamente, promover enfoques internacionales, coherentes y racionales, de protección radiológica, seguridad funcional radiológica y seguridad física de los materiales radiactivos. (Véase el recuadro de la página 10.)

SUPUESTOS Y REALIDADES

Responsabilidades que los gobiernos no han desempeñado. Es importante destacar que las NBS no imponen responsabilidades a los gobiernos (de hecho, no pueden hacerlo). En cambio, las NBS *presuponen* que los gobiernos hayan cumplido sus

responsabilidades nacionales en materia de seguridad física y funcional. En el Preámbulo de las NBS se señala que las normas se basan en el supuesto de que los gobiernos tengan en vigor la legislación y los reglamentos correspondientes para enfrentar los problemas de la seguridad funcional de las fuentes de radiación y seguridad física de los materiales radiactivos, y hayan creado autoridades reguladoras independientes, facultadas para conceder licencias relativas a las fuentes, inspeccionarlas, y hacer cumplir los requisitos.

De hecho, en las NBS se asume que cada país tiene una autoridad reguladora con real independencia jurídica y las atribuciones y los recursos necesarios. Sin embargo, los recursos, en particular, son algo de lo que, por lo general, carecen las autoridades reguladoras de los países en desarrollo. En las NBS, también se asume que los gobiernos puedan proporcionar, directa o indirectamente, apoyo esencial, como son servicios técnicos (por ejemplo, servicios de dosimetría y calibración), mecanismos de intercambio de información y, por supuesto, enseñanza y capacitación del personal.

Al parecer, tanto los profesionales como las autoridades estaban convencidos de que, de alguna forma, todas estas condiciones para la seguridad física y funcional se establecerían y se pondrían en práctica automáticamente. Por ejemplo se dio por sentado que todos los gobiernos tenían infraestructuras de seguridad radiológica que incluían, al menos, un sistema de notificación, registro, concesión de licencias e inspección de fuentes de radiación.

Sin embargo, la mayoría de estas suposiciones han resultado ser demasiado optimistas en lo que respecta a una gran parte del mundo.

Por ejemplo, no es cierto que en todos los países exista una

Fusiones de materiales radiactivos: Reseña internacional

Año	Metal	Ubicación	Isótopo	Actividad (GBq)
Desde 1910 ^a	Oro	Nueva York	polonio 210, plomo 210, bismuto 210	Desconocida
1983	Acero	Auburn Steel, NY	cobalto 60	930
1983	Hierro/acero	México ^b	cobalto 60	15 000
1983	Oro	Desconocida, NY	americio 241	Desconocida
1983	Acero	Taiwan, China ^b	cobalto 60	>740
1984	Acero	US Pipe & Foundry, Al	cesio 137	0,37-1,9
1985	Acero	Brasil ^b	cobalto 60	Desconocida
1985	Acero	Tamco, Cal.	cesio 137	56
1987	Acero	Florida Steel, Fla.	cesio 137	0,93
1987	Aluminio	United Technology, In	radio 226	0,74
1988	Plomo	ALCO Pacific, Cal.	cesio 137	0,74-0,93
1988	Cobre	Warrington, Miss.	Acelerador	Desconocida
1988	Acero	Italia ^b	cobalto 60	Desconocida
1989	Acero	Bayou Steel, LA	cesio 137	19
1989	Acero	Cytemp, Penn.	torio	Desconocida
1989	Acero	Italia	cesio 137	1000
1989	Aluminio	Fed. de Rusia	Desconocido	Desconocida
1990	Acero	NUCOR Steel, Utah	cesio 137	Desconocida
1990	Aluminio	Italia	cesio 137	Desconocida
1990	Acero	Irlanda	cesio 137	3,7
1991	Acero	India ^b	cobalto 50	7,4-20
1991	Aluminio	Alcan Recycling, Tenn.	torio	Desconocida
1991	Aluminio	Italia	cesio 137	Desconocida
1991	Cobre	Italia	americio 241	Desconocida
1992	Acero	Newport Steel, Ken.	cesio 137	12
1992	Aluminio	Reynolds, Vir.	radio 226	Desconocida
1992	Acero	Border Steel, Texas	cesio 137	4,6-7,4
1992	Acero	Keystone Wire, Ill.	cesio 137	Desconocida
1992	Acero	Polonia	cesio 137	Desconocida
1992	Cobre	Estonia/Fed. de Rusia	cobalto 60	Desconocida
1993	Desconocido	Fed. de Rusia	radio 226	Desconocida
1993	Acero (?)	Fed. de Rusia	cesio 137	Desconocida
1993	Acero	Auburn Steel, NY	cesio 137	37
1993	Acero	Newport Steel, Ken.	cesio 137	7,4
1993	Acero	Chaparral Steel, Texas	cesio 137	Desconocida
1993	Cinc	Southern Zinc, Geor.	uranio empobrecido	Desconocida
1993	Acero	Kazajstán ^b	cobalto 60	0,3
1993	Acero	Florida Steel, Fla.	cesio 137	Desconocida
1993	Acero	Sudáfrica ^c	cesio 137	<600 Bq/g
1993	Acero	Italia	cesio 137	Desconocida
1994	Acero	Austeel Lemont, Ind.	cesio 137	0,074
1994	Acero	US Pipe & Foundry, Cal.	cesio 137	Desconocida
1994	Acero	Bulgaria ^b	cobalto 60	3,7
1995	Acero	Canadá ^d	cesio 137	0,2-0,7
1995	Acero	República Checa	cobalto 60	Desconocida
1995	Acero (?)	Italia	cesio 137	Desconocida
1996	Acero	Suecia	cobalto 60	87
1996	Acero	Austria	cobalto 60	Desconocida
1996	Plomo	Brasil ^b	polonio 210, plomo 210, bismuto 210	Desconocida
1996	Aluminio	Bluegrass Recycling, Ken.	torio 232	Desconocida
1997	Aluminio	White Salvage Co., Tenn.	americio 241	Desconocida
1997	Acero	WCI, Ohio	cobalto 60	0,9 (?)
1997	Acero	Kentucky Electric, Ken.	cesio 137	1,3
1997	Acero	Italia	cesio 137/cobalto 60	200/37
1997	Acero	Grecia	cesio 137	11 Bq/g
1997	Acero	Birmingham Steel, AL	cesio 137/americio 241	7 Bq/g
1997	Acero	Brasil ^b	cobalto 60	<0,2
1997	Acero	Bethlehem Steel, Ind.	cobalto 60	0,2
1998	Acero	España	cesio 137	>37
1998	Acero	Suecia	iridio 192	<90

^aSe han notificado múltiples casos, el primero alrededor de 1910. ^bProducto contaminado exportado a EE.UU.

^cEscoria de vanadio contaminada exportada a Austria; detectada en Italia. ^dSubproducto contaminado (polvo de horno eléctrico) exportado a EE.UU.

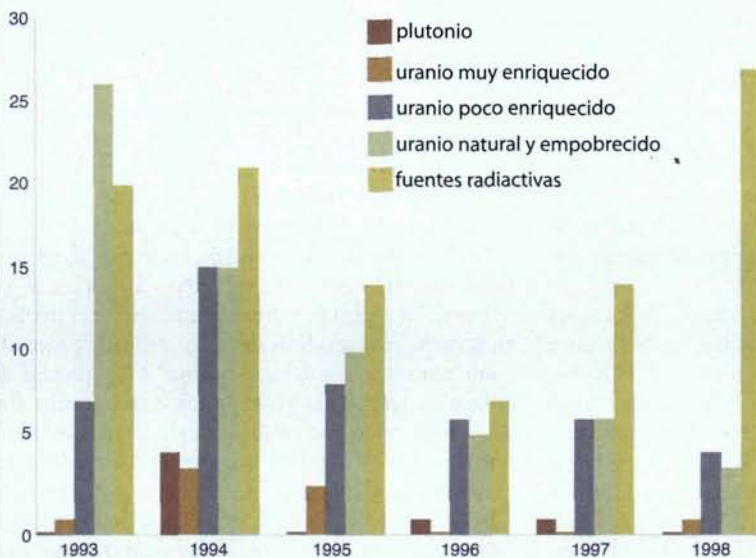
Fuente: Dep. de Protección Ambiental de Pensilvania, J. Yusko, EE.UU. (véase cuadro EE.UU. pág. 23). Informes enviados al OIEA.

TRAFICO ILICITO DE MATERIALES RADIOACTIVOS

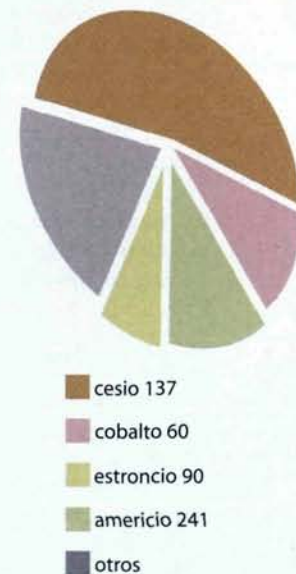
El OIEA, como parte de sus actividades relativas a la seguridad física de los materiales, mantiene una base de datos sobre el tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos. En el programa de la base de datos participan sesenta Estados. Hasta junio de 1999, la base de datos contenía información sobre más de 320 incidentes notificados, de los cuales 265 fueron confirmados por los Estados.

La mayoría de todos los incidentes confirmados incluyó materiales radiactivos o fuentes radiactivas. Casi la mitad (o 129 casos) incluyó uranio natural, uranio poco enriquecido, uranio empobrecido, o torio. Un 45% (o 119 casos) incluyó fuentes radiactivas, entre ellas, cesio 137, cobalto 60, americio 241 y estroncio 90.

Incidentes anuales confirmados que incluyeron materiales nucleares y radiactivos
enero de 1993 a enero de 1999



Distribución de incidentes que incluyeron materiales radiactivos,
enero de 1993 a junio de 1999



legislación adecuada en materia de seguridad física y funcional de las radiaciones. No es cierto que todos los países tengan en vigor las reglamentaciones apropiadas. No es cierto que en la mayoría de los países existan autoridades reguladoras independientes, que tengan las facultades necesarias para realizar la labor que de ellas se requiere. Y, por último, no es cierto que cuando existe la autoridad reguladora, ésta siempre dispone de los recursos necesarios.

En el decenio pasado, el OIEA inició un programa --llamado Equipo de asesoramiento en protección radiológica (RAPAT)--, cuyo propósito era servir de instrumento de diagnóstico. El Organismo se sorprendió al saber que de los muchos países visitados por RAPAT, más de 50

--casi la mitad de los miembros del OIEA en aquel entonces-- carecían de la infraestructura de seguridad radiológica mínima.

Además, cabe señalar que, al menos, 60 países en el mundo no son Estados Miembros del OIEA, y los expertos sólo pueden suponer que la situación en ellos puede ser tan mala o peor.

En resumen, es posible que más de 110 Estados no tengan la infraestructura mínima para controlar debidamente las fuentes de radiación, una señal nada alentadora. (Véase el mapa de la página 11.) La respuesta inicial del OIEA a esta situación ha sido elaborar un programa de cooperación técnica, agresivo y dinámico, centrado en los principales problemas. Este Proyecto modelo en protección radiológica es uno de los mayores esfuerzos que

se han realizado en la historia de las Naciones Unidas para mejorar las infraestructuras de seguridad radiológica de los Estados que las necesitan con más urgencia. Esta iniciativa abarca 52 países. Es igualmente importante que la Junta de Gobernadores del OIEA decidiera recientemente que el Organismo velara también por la aplicación de las NBS en los Estados no Miembros, aunque solo con cargo a recursos extrapresupuestarios.

El Proyecto modelo ha puesto de manifiesto otra suposición falsa, que la ilusión había, de alguna manera, mantenido. Se ha asumido, erróneamente, que una infraestructura de seguridad radiológica equivale a una infraestructura jurídica. Muchos, incluidos especialistas experimentados, pensaban sinceramen-

NORMAS BASICAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD



Los Estados, mediante el Estatuto del OIEA, han facultado al Organismo para que elabore normas internacionales de seguridad para la protección de la salud contra la exposición a la radiación ionizante, y provéa para su aplicación. Las normas están en vigor desde principios de los años sesenta.

A comienzos del decenio de 1990, se examinó y revisó exhaustivamente, todo el conjunto de normas básicas, que fue posteriormente publicado como las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación*, las llamadas NBS. (Véase el *Boletín del OIEA*, Vol. 36, No. 2, 1994) Estas normas tienen en cuenta las últimas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), reconocido órgano científico no gubernamental de especialistas de alto nivel.

Muchas organizaciones internacionales importantes se unieron al OIEA para copatrocinar las NBS, cuya presente edición publicó el Organismo en 1996 (en 1997 en español) como Vol. No. 115 de la Colección Seguridad: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE), la Organización

Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). En aquel momento, no se abordó en su totalidad el tema de la seguridad física de los materiales radiactivos. De haber sido así, se habría invitado a sumarse a la lista de copatrocinadores a otras organizaciones internacionales como la Organización Mundial de Aduanas y la Organización Internacional de Policía Criminal.

En sentido general, las NBS tienen el propósito de asegurar:

- la protección de los individuos y de la población en general contra la exposición a las radiaciones, que se prevé que reciban como resultado de los usos normales de las fuentes de radiación;
- la seguridad funcional de las fuentes de radiación para prevenir accidentes y, en caso de que de todas maneras ocurran, atenuar sus consecuencias; y
- la seguridad física de los materiales radiactivos para prevenir cualquier cesión del control sobre su uso.

Por lo general, estas normas internacionales han tenido mucho éxito, y contribuyen a asegurar que los trabajadores ocupacionalmente expuestos y el público en general, reciban dosis de radiación muy pequeñas como consecuencia del uso normal de las fuentes de radiación. La aplicación del principio de optimización de la protección radiológica (es decir, mantener las dosis en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, o ALARA), junto con una rigurosa limitación de la dosis individual, son disposiciones que han logrado grandes reducciones de las dosis de radiación.

te que el problema en muchos países era la ausencia de una ley o régimen jurídico de obligaciones relativas al debido control de las fuentes de radiación. En esta suposición estaba implícito que, dada la existencia de instrumentos jurídicos, el problema se resolvería. Ello fue, y continúa siendo, un grave error. Después que se promulga una ley sobre el tema en un país determinado, la infraestructura de seguridad radiológica es tan buena o tan mala como antes lo fue. El cambio formal crea la ilusión de una solución. En la realidad, el marco jurídico es, a veces (no siempre), una condición necesaria, pero, sin duda, no suficiente para el control adecuado de las fuentes de radiación. Por el contrario, una infraestructura de conocimientos (mediante la

enseñanza y la capacitación), los recursos y, lo que es más importante, el compromiso del gobierno, no solo es una necesidad, sino casi lo suficiente para hacer progresos reales.

Por tanto, surge la pregunta: ¿Con cuánta firmeza se deberá instar a los gobiernos a que cumplan sus responsabilidades nacionales? Tal vez haya llegado el momento de decir que la respuesta es la concertación de un compromiso internacional jurídicamente vinculante. Ello subrayaría que la existencia de infraestructuras gubernamentales de seguridad radiológica es una condición previa para garantizar realmente la seguridad de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos.

Requisitos de seguridad que no se han cumplido. Las NBS

contienen una serie de requisitos importantes para la seguridad física y funcional. En la jerga de las NBS, se conocen como requisitos administrativos, técnicos, de gestión y de verificación.

A la luz de lo que se ha aprendido en los últimos años, ahora parecería que los *requisitos administrativos* --que antes se pensaba que tenían una importancia secundaria, sencillamente porque parecían ser muy evidentes-- han llegado a ser muy importantes. Estos requisitos son extremadamente sencillos: las NBS dependen de la existencia, en todos los países, de un sistema de notificación, registro y concesión de licencias de fuentes de radiación, y de mecanismos de ejecución mediante la inspección reglamentaria.

FORTALECIMIENTO DE LA SEGURIDAD FISICA Y FUNCIONAL

Se sabe, o se piensa, que más de 100 países en el mundo no controlan eficazmente las fuentes de radiación y los materiales radiactivos. La mayoría de ellos no tiene la infraestructura necesaria. Hace algunos años, el OIEA envió misiones de expertos, llamadas RAPAT, a examinar los problemas nacionales en materia de protección radiológica. Se enviaron misiones a 62 países. Sobre la base de las conclusiones de RAPAT, el OIEA inició un Proyecto modelo de cooperación técnica que abarca 52 Estados --incluidos muchos, visitados por las misiones de expertos-- con el propósito de fortalecer sus capacidades e infraestructuras nacionales de radiación y seguridad funcional y física. Cabe señalar que unos 60 países no son Estados Miembros del OIEA.



Como antes se señaló, lo que se considera un requisito evidente en muchos países desarrollados, no se cumple en muchas partes del mundo. De hecho, en un gran número de países, no hay ni siquiera conciencia de la necesidad de cumplir este requisito y, por tanto, sus autoridades no saben cuántas fuentes existen

en su territorio, ni dónde están; es lógico deducir que las fuentes no están controladas.

Además, en las NBS se pone énfasis en dos *requisitos técnicos*: defensa en profundidad y buena práctica técnica. El primero se refiere a un sistema multicapas de disposiciones de seguridad con vistas a prevenir accidentes,

atenuar las consecuencias de éstos, y restablecer la seguridad de las fuentes. La mayoría de los accidentes que han ocurrido indican que no se ha aplicado la debida defensa en profundidad. Cabe señalar que las nuevas recomendaciones de la CIPR sobre exposiciones potenciales permiten hacer más cuantitativo

el requisito de defensa en profundidad.

En relación con las buenas prácticas técnicas, en las NBS se presupone que las fuentes son siempre fiables y están construidas según las normas técnicas aprobadas, con suficientes márgenes de seguridad y --lo que es muy importante-- que se tienen en cuenta los resultados de la investigación y el desarrollo; en otras palabras, que sus características no se fosilizan con el tiempo.

No obstante, sobre todo en los países en desarrollo, la buena práctica técnica no existe. Por el contrario, principalmente por razones financieras, hay mucho remiendo malo y uso de soporte físico (hardware) y soporte lógico (software) "piratas", lo que incrementa la posibilidad de accidentes.

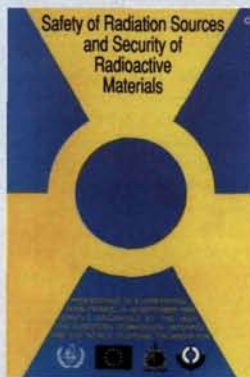
Los requisitos de gestión de las NBS incluyen el establecimiento de una "cultura de la seguridad". Este requisito ha resultado ser difícil de definir, en parte,

porque no es fácil traducir la expresión a muchos idiomas. En esencia, la intención del término es poner énfasis en que la seguridad deberá ser la máxima prioridad en las organizaciones que manipulan fuentes de radiación, las cuales deberán estar preparadas para identificar y corregir rápidamente los problemas, y en que deberá precisarse claramente la responsabilidad, no sólo de las organizaciones que manipulan las fuentes, sino de los organismos gubernamentales que controlan su uso. Se deben constituir estructuras jerárquicas definidas para la adopción de decisiones en materia de seguridad física y funcional, pero normalmente eso no se cumple, en particular, en el campo de la medicina, donde las máximas autoridades de los hospitales suelen desconocer las condiciones de seguridad existentes en sus servicios de radiología y de medicina nuclear. El problema de la cultura de la seguridad --o la

falta de esta-- es crítico en los "Estados recientemente independizados", donde es obvio que no existe una tradición de reglamentación ni experiencia en el control de las fuentes de radiación. En estos y otros países, también se aprecian deficiencias en las esferas de garantía de calidad, capacitación del personal y verificación de la seguridad, para cerciorarse de que los requisitos se están cumpliendo.

Mínimos requisitos de seguridad física. En el presente, los requisitos de seguridad física de las NBS son mínimos. Ello no sorprende, porque las NBS son reflejo del consenso internacional, y en muchos reglamentos nacionales ni siquiera se aborda el tema. Los requisitos de las NBS prestan especial atención a la prevención del robo, daño y uso no autorizado, asegurando que no se ceda el control, que no se transfieran las fuentes a usuarios no autorizados y que se realicen inventarios periódicos, en particular de las fuentes móviles.

MOMENTO DECISIVO MUNDIAL



En 1998, se abrieron nuevos horizontes en el marco de una conferencia internacional celebrada en Dijón, Francia, que aumentó la conciencia mundial sobre la seguridad funcional y física. La Conferencia Internacional sobre seguridad funcional de las fuentes de radiación y seguridad física de los materiales radiactivos fue copatrocinada por el OIEA, junto con la Comisión Europea, la Organización Mundial de Aduanas y la Organización Internacional de Policía Criminal. Las conclusiones principales-- basadas en el resumen preparado por el Presidente del Comité del Programa de la Conferencia, Dr. Dan J. Beninson, ex Presidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica-- incluyen los siguientes aspectos:

- Las fuentes de radiación ionizante deben tener suficiente protección para poder realizar operaciones normales seguras.
- Es preciso prever la posibilidad de que ocurran exposiciones accidentales en las que intervengan fuentes de radiación, y deben existir dispositivos y procedimientos de seguridad adecuados. En este sentido, deben corregirse las deficiencias de diseño y construcción de las fuentes de radiación; debe promoverse una cultura de la seguridad de alto nivel en la manipulación de fuentes de radiación; los gobiernos deben apoyar las infraestructuras reglamentadoras destinadas al control de las fuentes de radiación; y la autoridad reguladora de cada país debe mantener la vigilancia de todas las fuentes de radiación existentes en el país, incluidas las importadas, y poder actuar con independencia.
- No debe permitirse que las fuentes de radiación queden fuera del sistema de control reglamentario, lo que significa que la autoridad reguladora debe mantener registros actualizados de

A falta de requisitos reglamentarios, en fecha reciente se ha puesto énfasis en atacar los efectos y no la causa de la inseguridad. En otros lugares, incluido el OIEA, se ejecutan diversos programas relativos al tráfico ilícito de productos radiactivos y materiales nucleares. Sin embargo, el problema no puede resolverse controlando el tráfico ilícito en las fronteras ni pidiendo a la policía que busque las fuentes. Más bien, el problema se resolverá solo cuando se establezcan sistemas nacionales que aseguren que no se ceda el control, que no se transfieran las fuentes a usuarios no autorizados y que se realicen inventarios periódicos.

Como este no es el caso en estos momentos, es esencial establecer una mayor cooperación con los funcionarios de aduana y de fronteras y con la policía, así como prestarles más asistencia; todo ello es un aspecto fundamental de la labor de cooperación del Organismo en esta esfera.

PARA AVANZAR: ACCION OPORTUNA

Un Estado que adopte los requisitos de las NBS está dando un paso adelante necesario, pero no suficiente, para garantizar la seguridad física y funcional. Lo esencial no es que existan normas, sino que se apliquen. En los últimos años, el Organismo ha redoblado sus esfuerzos para velar por la aplicación de las normas internacionales de seguridad en los Estados que necesitan asistencia.

Las actividades forman parte de programas que abarcan infraestructuras reglamentadoras; exámenes por homólogos de programas de reglamentación; educación y capacitación; una base de datos de sucesos inusuales relacionados con las radiaciones; respuesta y preparación para casos de emergencia; y gestión de las fuentes de radiación en desuso.

Como parte del Proyecto modelo, el OIEA creó, en particular, un sistema de información

para autoridades reguladoras (RAIS) para la gestión de un programa de reglamentación, que se ejecuta en los Estados Miembros que participan en el Proyecto. (Véase el recuadro de la página 13.)

Actualmente, el OIEA redobla sus esfuerzos y se formulan nuevas iniciativas, concebidas para dar respuesta a las cuestiones y problemas clave que se plantearon en la trascendental conferencia internacional de 1998, celebrada en Dijon Francia. Tanto la Conferencia General del OIEA, que se celebró en septiembre de 1998, como la Junta de Gobernadores del Organismo, que se reunió en marzo de 1999, subrayaron la importancia de tomar medidas a tiempo.

En cuanto a los compromisos jurídicamente vinculantes, de los gobiernos, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, propuso a la Junta, en marzo, iniciar un análisis exploratorio relativo a un compromiso internacional de los Estados en la esfera de la seguri-

las personas responsables de cada una de las fuentes, vigilar las transferencias de fuentes y seguir el rastro de cada fuente al final de su vida útil.

■ Deben hacerse esfuerzos para encontrar las fuentes de radiación que no figuren en el inventario de la autoridad reguladora, porque estuvieran en el país antes de hacer el inventario, o nunca se les hubiera concedido una licencia específica, o estuvieran perdidas, abandonadas o hubieran sido robadas (fuentes "huérfanas").

■ Como hay muchas fuentes "huérfanas" en todo el mundo, deben intensificarse los esfuerzos por mejorar la detección de materiales radiactivos que cruzan las fronteras nacionales y se mueven dentro de los países, realizando mediciones de la radiación y recopilando información. Es necesario desarrollar técnicas de detección óptimas, y se evitarán confusiones, si se logra concertar un acuerdo internacional sobre los niveles cuantitativos que darían lugar a investigaciones en los cruces fronterizos.

■ El elemento común principal más importante para evitar las fuentes "huérfanas"--y la consiguiente posibilidad de su uso indebido o de accidentes-- y lograr, y mantener, condiciones de funcionamiento seguras desde el punto de vista de la seguridad física y funcional, es que existan autoridades reguladoras nacionales eficaces que funcionen dentro de infraestructuras nacionales apropiadas.

■ Se exhorta a los gobiernos a crear autoridades reguladoras para las fuentes de radiación, si no existen. El gobierno debe proporcionarles suficiente respaldo y recursos humanos y financieros indispensables para que puedan funcionar con eficacia. Sólo así se podrá atacar por la raíz el problema de la seguridad funcional de las fuentes de radiación y la seguridad física de los materiales radiactivos para, con el tiempo, solucionarlo.

■ Deberán realizarse esfuerzos ulteriores para investigar la posibilidad de formular compromisos internacionales relacionados con el funcionamiento eficaz de los sistemas nacionales de control reglamentario que consignan una amplia adhesión.

dad funcional de las fuentes de radiación y de la seguridad física del material radiactivo. La Junta no expresó objeción a la propuesta, aunque algunos miembros pensaron que sería demasiado ambicioso proponerse adoptar una convención internacional en estos momentos. Opinaron que otros tipos de instrumentos, como, por ejemplo, *un código de buena conducta*, serían objetivos más viables.

La Junta aprobó los principales componentes de un *Plan de Acción* que ahora se someterá a su consideración y a la de la Conferencia General del OIEA, en septiembre de 1999, para su aprobación.

El Plan de Acción. El proyecto de plan fue elaborado a finales de mayo de 1999 por un grupo de consultores que se reunieron en Praga, República Checa. Posteriormente, en una reunión de comité técnico, celebrada en julio de 1999, en Viena, se examinó el proyecto y se mejoró. La reunión estuvo presidida por la Sra. Mary Clark, del Organismo para la Protección del Medio Ambiente, de los Estados Unidos, y a ella asistieron representantes de Alemania, Australia, Canadá, China, Egipto, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, India, Islandia, Israel, Reino Unido, República Checa, Turquía, Ucrania, y un observador de la Comisión Europea.

Las iniciativas propuestas están agrupadas en siete esferas: infraestructuras reglamentadoras; gestión de las fuentes de radiación en desuso; categorización de las fuentes; respuesta a sucesos anormales; intercambio de información; educación y capacitación; y compromisos internacionales. En relación con el calendario, las actividades se ejecutarían en tres fases, que comenzarían inmediatamente después de la aprobación del Plan.

Las principales actividades abarcan:

Infraestructuras reglamentadoras.

- Crear servicios para asesorar a los Estados en el establecimiento de programas de reglamentación adecuados.

Gestión de las fuentes de radiación en desuso.

- Preparar documentos sobre aspectos específicos de la manipulación y disposición final de las fuentes radiactivas en desuso;

- Organizar consultas y talleres sobre aspectos técnicos, comerciales, jurídicos y de reglamentación de la devolución de las fuentes en desuso a los fabricantes, y sobre la gestión de las fuentes radiactivas y del equipo que contiene dichas fuentes.

Categorización de las fuentes.

- Preparar un documento sobre la categorización de las fuentes sobre la base de las exposiciones potenciales y la contaminación radiactiva asociadas.

Respuesta a sucesos anormales.

- Formular orientaciones sobre estrategias y programas nacionales para la detección y localización de "fuentes huérfanas" y su posterior gestión; y sobre criterios para el desarrollo, la selección y el uso del equipo de detección y vigilancia en los cruces fronterizos, puertos, depósitos de chatarra y otras instalaciones;
- Desarrollar otras capacidades de respuesta nacionales para enfrentar las emergencias radiológicas;
- Fortalecer las capacidades del Organismo existentes para proporcionar asistencia en situaciones de emergencia.

Intercambio de información.

- Organizar una Conferencia internacional sobre el control, por las autoridades nacionales, de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos, y talleres regionales sobre temas específicos;

- Crear una base de datos internacional sobre "fuentes huérfanas" perdidas y encontradas;

- Establecer y mantener la base de datos internacional sobre sucesos radiológicos inusuales y ponerla a disposición de los Estados Miembros;

- Crear un repositorio de información sobre las características de las fuentes y dispositivos que contienen fuentes, incluidos los contenedores de transporte, y divulgar información, teniendo en cuenta la conveniencia de difundirla por Internet.

Educación y capacitación.

- Intensificar los cursos de posgrado educacionales, y elaborar, de manera sistemática, programas de estudio y materiales de capacitación para grupos objeto específicos y sobre usos de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos.

Compromisos internacionales.

- Iniciar una reunión de expertos técnicos y jurídicos para el análisis exploratorio de un compromiso internacional como, por ejemplo, un código de conducta, en la esfera de la seguridad de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos.

PERSPECTIVAS

A lo largo de su historia, el OIEA ha ajustado sus programas a los nuevos retos y oportunidades que afectan el desarrollo, seguro y pacífico de las tecnologías nucleares y de las radiaciones. Las iniciativas que ahora van tomando cuerpo ayudarán a que los países fortalezcan la seguridad física y funcional de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos. Se concentran en las medidas orientadas a mejorar las capacidades nacionales para regular y controlar con eficacia las fuentes de radiación y los materiales radiactivos, y dan prioridad a los que constituyen los riesgos potenciales más significativos. Se presta especial atención a las fuentes huérfanas, que pudieran ser

TRAS LA PISTA DEL PROGRESO: SISTEMA DE INFORMACION PARA AUTORIDADES REGULADORAS

El OIEA, como parte de su labor encaminada a fortalecer la seguridad funcional y física de las radiaciones, ha creado un sistema computadorizado de seguimiento y gestión para uso de las autoridades reguladoras en sus Estados Miembros. El denominado Sistema de información para autoridades reguladoras (RAIS) está compuesto por cinco módulos diseñados con suficiente flexibilidad para adecuarlos a los diferentes tipos de programas reguladores.

MODULO 1: INVENTARIO DE FUENTES DE RADIACION E INSTALACIONES

- Enumera todas las fuentes de radiación existentes en una instalación, clasificadas según la práctica
- Abarca las instalaciones con un determinado tipo de equipo, o una práctica específica
- Abarca múltiples fuentes de radiación
- Sigue la trayectoria de una fuente hasta su devolución al proveedor o su gestión como desecho radiactivo.

MODULO 2: PROCESO DE AUTORIZACION

- Investiga la situación administrativa de una instalación, desde la solicitud inicial hasta su autorización, incluidas las inspecciones preoperacionales.
- Abarca la autorización relacionada con las transferencias de fuentes de radiación entre instalaciones
- Permite a la autoridad reguladora emitir documentos de autorización mediante el RAIS.

MODULO 3: INSPECCION Y CUMPLIMIENTO

- Inspecciones efectuadas en los plazos establecidos
- Inspecciones que deberán realizarse en futuros plazos
- Presta asistencia en la vigilancia de las medidas de ejecución del seguimiento y las fechas límites
- Permite a la autoridad reguladora publicar informes de inspecciones mediante el RAIS

MODULO 4: VIGILANCIA DE LA DOSIS INDIVIDUAL

- Calcula estimaciones de la dosis efectiva recibida por trabajadores a partir de la medición de la dosis equivalente individual
- Enumera las dosis recibidas por los trabajadores de cada instalación
- Calcula las dosis totales de los trabajadores que están empleados en más de una instalación
- Almacena los expedientes de dosis de los trabajadores

MODULO 5: INDICADORES DEL COMPORTAMIENTO

INDICADORES DE AUTORIDADES REGULADORAS

- Enumera las autorizaciones tramitadas
- Muestra el tiempo medio para tramitar una autorización, clasificada según la práctica
- Enumera las inspecciones, según la práctica, zona geográfica o inspector; medidas de ejecución; actividades en curso con fechas límites

INDICADORES DE TITULARES DE LICENCIAS

- Muestra las dosis ocupacionales medias, según la práctica, dosis que rebasan los límites de dosis de niveles de investigación
- Almacena el historial de incidentes e incumplimientos.
- Almacena el historial de las medidas de ejecución.

OTRA INFORMACION SOBRE ACTIVIDADES NACIONALES

- Enumera cursos de capacitación sobre protección radiológica registrados y los asistentes
- Enumera funcionarios de protección radiológica y otros expertos
- Enumera autorizaciones personales, según la práctica
- Almacena datos sobre acuerdos para casos de emergencia, convenciones, etc.

miles. En muchos casos, los países necesitarán ayuda para localizarlas y llevar a cabo su gestión sin riesgos.

Hasta los años cincuenta, solo los radionucleidos de origen natural, en especial el radio 226, eran de uso general. Desde entonces, la situación ha cambiado ostensiblemente, y muchos radionucleidos producidos de manera artificial se han convertido en instrumentos comerciales para

aplicaciones beneficiosas en la industria, la medicina y otros campos. Debe restringirse cualquier riesgo asociado a su uso, y las personas deben estar protegidas contra cualquier daño, mediante la *aplicación* de normas adecuadas de seguridad radiológica.

Las actividades mundiales previstas en el marco del Plan de Acción multianual en preparación, fortalecen las bases que permiten hacer progresos en el

mejoramiento de la seguridad. Están diseñadas para prestar más apoyo y asistencia, en el entrante siglo, a las autoridades nacionales responsables de las fuentes de radiación y de los materiales radiactivos.

A medida que mejoran las capacidades nacionales, el mundo se beneficia de un marco mundial fortalecido de seguridad funcional de las fuentes de radiación y de seguridad física de las radiaciones

Principales Accidentes Radiológicos (1945-1999)

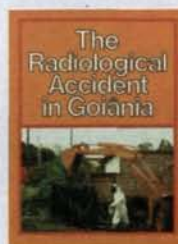
Año	Lugar	Fuente	Dosis (o toma)	Sobre-exposiciones ^a	Muertes
1945/46	Los Alamos, EE.UU.	Criticidad	hasta 13 Gy (radiación mixta ^b)	10	2
1952	Argonne, EE.UU.	Criticidad	0,1-1,6 Gy (radiación mixta ^b)	3	
1953	URSS	Reactor experimental	3,0-4,5 Gy (radiación mixta ^b)	2	
1953	Melbourne, Australia	Cobalto 60	Desconocida	1	
1955	Hanford, EE.UU.	Plutonio 239	Desconocida	1	
1958	Oak Ridge, EE.UU.	Criticidad (planta Y-12)	0,7-3,7 Gy (radiación mixta ^b)	7	
1958	Vinca, Yugoslavia	Reactor experimental	2,1-4,4 Gy (radiación mixta ^b)	8	
1958	Los Alamos, EE.UU.	Criticidad	0,35-45 Gy (radiación mixta ^b)	3	
1959	Johannesburgo, Sudáfrica	Cobalto 60	Desconocida	1	
1960	EE.UU.	Haz electrónico	7,5 Gy (local)	1	
1960	Madison, EE.UU.	Cobalto 60	2,5-3 Gy	1	
1960	Lockport, EE.UU.	Rayos X	(hasta 12 Gy, no uniforme)	6	
1960	URSS	Cesio 137 (suicidio)	aprox. 15 Gy	1	1
1960	URSS	Bromuro de radio (ingestión)	74 MBq	1	1 (4 años después)
1961	URSS	Accidente submarino	1,0-50,0 Gy	>30	8
1961	Miamisburg, EE.UU.	Plutonio 238	Desconocida	2	
1961	Miamisburg, EE.UU.	Polonio 210	Desconocida	4	
1961	Suiza	Hidrógeno 3	3 Gy	3	1
1961	Idaho Falls, EE.UU.	Explosión en reactor	Hasta 3,5 Gy	7	3
1961	Plymouth,	Rayos X	sobredosis local	11	
1961	Fontenay-aux-Roses, Francia	Plutonio 239	Desconocida	1	
1962	Richland, EE.UU.	Criticidad	Desconocida	2	
1962	Hanford, EE.UU.	Criticidad	0,2-1,1 Gy (radiación mixta ^b)	3	
1962	México D.F., México	Cápsula de cobalto 60	9,9-52 Sv	5	4
1962	Moscú, URSS	Cobalto 60	3,8 Gy (no uniforme)	1	
1963	China	Cobalto 60	0,2-80 Gy	6	2
1963	Saclay, Francia	Haz electrónico	Desconocida (local)	2	
1964	Alemania, República Fed.	Hidrógeno 3	10 Gy	4	1
1964	Rhode Island, EE.UU.	Criticidad	0,3-46 Gy (radiación mixta ^b)	4	1
1964	Nueva York, EE.UU.	Americio 241	Desconocida	2	
1965	Rockford, EE.UU.	Acelerador	>3 Gy (local)	1	
1965	EE.UU.	Difractómetro	Desconocida (local)	1	
1965	EE.UU.	Espectrómetro	Desconocida (local)	1	
1965	Mol, Bélgica	Reactor experimental	5 Gy (total)	1	
1966	Portland, EE.UU.	Fósforo 32	Desconocida	4	
1966	Leechburg, EE.UU.	Plutonio 235	Desconocida	1	
1966	Pensilvania, EE.UU.	Oro 198	Desconocida	1	1
1966	China	"Zona contaminada"	2-3 Gy	2	
1966	URSS	Reactor experimental	3,0-7,0 Gy (total)	5	
1967	EE.UU.	Iridio 192	0,2 Gy, 50 Gy (local)	1	
1967	Bloomsburg, EE.UU.	Americio 241	Desconocida	1	
1967	Pittsburgh, EE.UU.	Acelerador	1-6 Gy	3	
1967	India	Cobalto 60	80 Gy (local)	1	
1967	URSS	Equipo rayos X para diag. médico	50,0 Gy (cabeza, local)	1	1 (7 años después)
1968	Burbank, EE.UU.	Plutonio 239	Desconocida	2	
1968	Wisconsin, EE.UU.	Oro 198	Desconocida	1	1
1968	Alemania, República Federal de	Iridio 192	1 Gy	1	
1968	La Plata, Argentina	Cesio 137	local, 0,5 Gy (cuerpo entero)	1	
1968	Chicago, EE.UU.	Oro 198	4-5 Gy (médula ósea)	1	1
1968	India	Iridio 192	130 Gy (local)	1	
1968	URSS	Reactor experimental	1,0-1,5 Gy	4	
1968	URSS	Inst. de irradiación de cobalto 60	1,5 Gy (local, cabeza)	1	
1969	Wisconsin, EE.UU.	Estroncio 85	Desconocida	1	
1969	URSS	Reactor experimental	5,0 Sv (total) no uniforme	1	
1969	Glasgow, R.U.	Iridio 192	0,6 Gy	1	
1970	Australia	Rayos X	4-45 Gy (local)	2	
1970	Des Moines, EE.UU.	Fósforo 32	Desconocida	1	
1970	EE.UU.	Espectrómetro	Desconocida (local)	1	
1970	Erwin, EE.UU.	Uranio 235	Desconocida	1	
1971	Newport, EE.UU.	Cobalto 60	30 Gy (local)	1	
1971	Reino Unido	Iridio 192	30 Gy (local)	1	
1971	Japón	Iridio 192	0,2-1,5 Gy	4	
1971	Oak Ridge, EE.UU.	Cobalto 60	1,3 Gy	1	
1971	URSS	Reactor experimental	7,8; 8,1 Sv	2	
1971	URSS	Reactor experimental	3,0 total	3	
1972	Chicago, EE.UU.	Iridio 192	100 Gy (local)	1	
1972	Peach Bottom, EE.UU.	Iridio 192	300 Gy (local)	1	
1972	RFA	Iridio 192	0,3 Gy	1	
1972	China	Cobalto 60	0,4-5,0 Gy	20	
1972	Bulgaria	Cápsulas de cesio 117 (suicidio)	>200 Gy (local, pecho)	1	1

Año	Lugar	Fuente	Dosis (o toma)	Sobrexposiciones ^a	Muertes
1973	Reino Unido	Rutenio 106	Desconocida	1	
1973	Checoslovaquia	Cobalto 60	1,6 Gy	1	
1974	Illinois, EE.UU.	Espectrómetro	2,4-48 Gy (local)	3	
1974	Parsipany, EE.UU.	Cobalto 60	1,7-4 Gy	1	
1974	Oriente Medio	Iridio 192	0,3 Gy	1	
1975	Brescia, Italia	Cobalto 60	10 Gy	1	
1975	EE.UU.	Iridio 192	10 Gy (local)	1	
1975	Columbus, EE.UU.	Cobalto 60	11-14 Gy (local)	6	
1975	Iraq	Iridio 192	0,3 Gy	1	
1975	URSS	Cesio 137/Inst.	3-5 Gy (total) + >30 Gy (manos)	1	
1975	RDA	Reactor de invest.	20-30 Gy (local)	1	
1975	RFA	Rayos X	30 Gy (mano)	1	
1975	RFA	Rayos X	1 Gy (total)	1	
1976	Hanford, EE.UU.	Toma de americio 241	>37 MBq	1	
1976	EE.UU.	Iridio 192	37,2 Gy (local)	1	
1976	Pitts. EE.UU.	Cobalto 60	15 Gy (local)	1	
1977	Rockaway, EE.UU.	Cobalto 60	2 Gy	1	
1977	Pretoria, Sudáfrica	Iridio 192	1,2 Gy	1	
1977	Denver, EE.UU.	Fósforo 32	Desconocida	1	
1977	URSS	Cobalto 60/Inst. de irradiación	4 Gy (total)	1	
1977	URSS	Acelerador protónico	10,0-30,0 Gy (manos)	1	
1977	Reino Unido	Iridio 192	0,1 Gy + local	1	
1977	Perú	Iridio 192	0,9-2,0 (total), 160 (mano)	3	
1978	Argentina	Iridio 192	12-16 (local)	1	
1978	Argelia	Iridio 192	hasta 13 Gy (persona con máxima expo.)	7	
1978	Reino Unido			1	
1978	URSS	Acel. de electrones	20 Gy (local)	1	
1979	California, EE.UU.	Iridio 192	Hasta 1 Gy	5	
1980	URSS	Cobalto 60/Inst. de irradiación	50,0 Gy (local, piernas)	1	
1980	RDA	Rayos X	15-30 Gy (mano)	1	
1980	RFA	Unidad de radiografía	23 Gy (mano)	1	
1980	China	Cobalto 60	5 Gy (local)	1	
1981	Saintes, Francia	Cobalto 60/inst. médica	>25 Gy	3	
1981	Oklahoma	Iridio 192	Desconocida	1	
1982	Noruega	Cobalto 60	22 Gy	1	1
1982	India	Iridio 192	35 Gy local	1	
1983	Argentina	Criticidad	43 Gy (radiación mixta ^b)	1	1
1983	México	Cobalto 60	0,25-5,0 Sv (exp. prolongada)	10	
1983	Irán	Iridio 192	20 Gy (mano)	1	
1984	Marruecos	Iridio 192	Desconocida	11	8
1984	Perú	Rayos X	5-40 Gy (local)	6	
1985	China	Acel. de electrones	Desconocida (local)	2	
1985	China	Oro 198 (error en tratamiento)	Desconocida, interna	2	1
1985	China	Cesio 137	8-10 Sv (subaguda)	3	
1985	Brasil	Fuente radiográfica	410 Sv (local)	1	
1985	Brasil	Fuente radiográfica	160 Sv (local)	2	
1985-86	EE.UU.	Acelerador	Desconocida	3	2
1986	China	Cobalto 60	2-3 Gy	2	
1986	Chernobil, URSS	Central nuclear	1-16 Gy (radiación mixta ^b)	134	28 ^d
1987	Goiania, Brasil	Cesio 137	Hasta 7 Gy (radiación mixta ^b)	50 ^c	4
1987	China	Cobalto 60	1,0 Gy	1	
1989	El Salvador	Cobalto 60/instalación de irradiación	3-8 Gy	3	1
1990	Israel	Cobalto 60/instal. de irradiación	>12 Gy	1	1
1990	España	Acelerador de radioterapia	Desconocida	27	11
1991	Nesvizh, Belarús	Cobalto 60/instal. de irradiación	10 Gy	1	1
1991	EE.UU.	Acelerador	>30 Gy (manos y piernas)	1	
1992	Viet Nam	Acelerador	20-50 Gy (manos)	1	
1992	China	Cobalto 60	>0,25-10 Gy (local)	8	3
1992	EE.UU.	Iridio 192/braquiterapia	>1000 Gy	1	1
1994	Tammiku, Estonia	Cesio 137/rep. desechos	1830 Gy (muslo) + 4 Gy (cuerpo entero)	3	1
1996	Costa Rica	Cobalto 60/radioterapia	60% sobredosis	115	13 ^e
1996	Gilán, Irán	Iridio 192/radiografía	2-3 Gy? (cuerpo entero) + 100 Gy? (tórax)	1	
1997	Rusia	Experimento criticidad	5-10 Gy (cuerpo entero) + 200-250 Gy (manos)	1	
1998	Turquía	Cobalto 60	Varias dosis, hasta 3 Gy cuerpo entero	10	
1999	Perú	Iridio 192/radiografía	hasta 100 Gy local; amput. pierna	1	

Notas: ^a Exposiciones significativas, definidas como una exposición de >0,25 Sv del cuerpo entero, órganos hematopoyéticos u otros órganos críticos; ~6 Gy local de la piel; ~0,75 Gy de otros tejidos u órganos procedentes de una fuente externa, o que rebase la mitad del límite anual de incorporación (LAI). ^b Radiación mixta se refiere a varios tipos de radiación con diferentes valores LET, como los neutrones y los rayos gamma, o los rayos gamma y beta. ^c La cifra es probablemente menor (algunas de las 50 personas contaminadas recibieron dosis de menos de 0,25 Sv). ^d Fallecimientos atribuidos a la exposición a las radiaciones. Otros dos fallecimientos no estuvieron relacionados con las radiaciones. ^e A finales de 1998.

Referencia: IAEA/WHO Planning the Medical Response to Radiological Accidents, IAEA Safety Report Series No. 4 (1998).

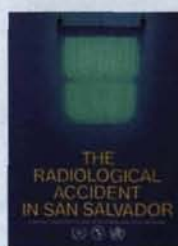
INFORMES DEL OIEA SOBRE ACCIDENTES RADIOLOGICOS



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1987

GOIÂNIA, BRASIL. En 1987, ocurrió un accidente en Goiânia, en el que intervino una fuente de cesio 137, que fue abandonada después que un instituto de radioterapia privado se mudó a un nuevo inmueble. La unidad de teleterapia que contenía la fuente de radiación, quedó sin protección durante unos dos años; fue encontrada por dos basureros, quienes se la llevaron a su casa, trataron de extraer el conjunto de la fuente y rompieron la cápsula de esta. En el proceso, se contaminaron ellos, contaminaron a cientos de personas, a la ciudad vecina y al medio ambiente. Murieron cuatro personas que estuvieron gravemente expuestas, otras muchas sufrieron lesiones graves, y las actividades de respuesta a emergencias y de descontaminación de casas, edificios y tierras duraron seis meses. En resumen, se vigiló la exposición a las radiaciones de más de 100 000 personas, de las cuales casi 300 presentaron síntomas de contaminación con cesio 137. Desde el punto de vista financiero, el accidente tuvo una importante repercusión económica en la ciudad y la región. *(Esta publicación también existe en español.)*

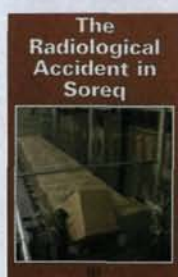
Murieron cuatro personas que estuvieron gravemente expuestas, otras muchas sufrieron lesiones graves, y las actividades de respuesta a emergencias y de descontaminación de casas, edificios y tierras duraron seis meses. En resumen, se vigiló la exposición a las radiaciones de más de 100 000 personas, de las cuales casi 300 presentaron síntomas de contaminación con cesio 137. Desde el punto de vista financiero, el accidente tuvo una importante repercusión económica en la ciudad y la región. *(Esta publicación también existe en español.)*



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1989

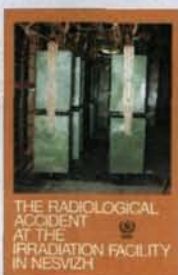
SAN SALVADOR, EL SALVADOR. En febrero de 1989, se produjo un accidente en una instalación de irradiación industrial, cerca de San Salvador, donde se esterilizan productos médicos por irradiación mediante una fuente de cobalto 60. El accidente ocurrió cuando el soporte de la fuente quedó atascado en la posición de irradiación. El operador pasó por alto los sistemas de seguridad instalados y entró en la sala de radiación con otros dos trabajadores para liberar manualmente el soporte de la fuente. Se expusieron a altas dosis de radiación y manifestaron el síndrome de radiación aguda. Dos de los tres

hombres sufrieron lesiones tan graves en piernas y pies, que fue necesario amputar. El trabajador más expuesto murió exactamente a los seis meses del accidente. *(Este informe existe también en español.)*



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1990

SOREQ, ISRAEL. En junio de 1990, ocurrió un accidente en una instalación de irradiación comercial, cercana a Soreq, que esteriliza productos médicos y especias mediante irradiación con una fuente de cobalto 60. El accidente se produjo después que el soporte de la fuente quedó atascado en la posición de irradiación. El operador interpretó mal dos señales de advertencia contradictorias, pasó por alto los sistemas de seguridad instalados y violó procedimientos al entrar en la sala de irradiación para desbloquearlo. Expuesto a altos niveles de radiación, sufrió lesiones tan graves que murió un mes después.



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1991

NESVIZH, BELARUS. En octubre de 1991, ocurrió un accidente en una instalación de irradiación ubicada en Nesvizh, a unos 120 km de Minsk. Allí se esterilizan productos agrícolas y médicos con una fuente de cobalto 60. El sistema de transporte de los productos se atascó, y el operador entró a la instalación para reparar la falla, pasando por alto una serie de características de seguridad. En algún momento, el soporte de la fuente quedó expuesto y el operador fue irradiado durante casi un minuto. Fue trasladado para que

recibiera atención médica, primero en Nesvizh y Minsk, y después en Moscú, para someterlo a tratamiento especializado. Pese al tratamiento médico intensivo, murió 113 días después.



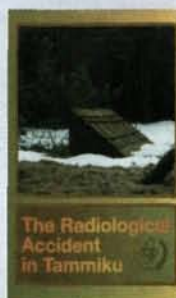
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1992

HANOI, VIET NAM. En noviembre de 1992, ocurrió un accidente en una instalación de aceleradores de electrones, ubicada en Hanoi. Un individuo entró en la sala de irradiación sin que los operadores lo supieran y expuso, inconscientemente, sus manos al haz de rayos X. Sufrió graves lesiones en las dos manos y hubo que amputar una.



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1993

TOMSK, FEDERACION DE RUSIA. En abril de 1993, ocurrió un accidente durante el reprocesamiento del combustible irradiado del reactor en una instalación de Siberian Chemical Enterprises, ubicada cerca de la ciudad de Tomsk. Aunque el accidente no está relacionado con la seguridad de las fuentes de radiación, fue evaluado como un caso típico de violación de las normas de seguridad. El accidente dañó la línea de reprocesamiento y el edificio, provocando la emisión de radionucleidos que incluían plutonio 239. Los radionucleidos contaminaron partes del emplazamiento de la instalación y una extensa área de la zona rural circundante, al norte del complejo, incluidos el poblado de Georgievka y un tramo de la carretera principal que une a Samus con Tomsk. Aunque el nivel de contaminación fue relativamente bajo, se realizaron ingentes esfuerzos para descontaminar los edificios.



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1994

TAMMIKU, ESTONIA. En octubre de 1994, tres hermanos entraron, sin autorización, en el repositorio de desechos radiactivos de Tammiku y desmontaron un contenedor metálico que contenía una fuente radiactiva. Pudieron abrirlo, y sus acciones ocasionaron, en definitiva, la muerte de uno de los hermanos y graves lesiones a los otros. Al principio, la muerte no se atribuyó a la exposición a las radiaciones. Sin embargo, un médico que examinó las lesiones del hijastro del fallecido, se dio cuenta de la naturaleza radiológica del accidente y comenzó a realizar acciones de rescate que limitaron las consecuencias. Las autoridades de Estonia solicitaron ayuda internacional para analizar el accidente y recibir asesoramiento en materia de medidas correctoras.

Accidental
Overexposure
of
Radiotherapy
Patients
in San José,
Costa Rica



SAN JOSE, COSTA RICA.

Un grave accidente ocurrido en Costa Rica implicó a pacientes de radioterapia. El suceso iniciador se produjo en el Hospital San Juan de Dios, de San José, en agosto de 1996, cuando se sustituyó una fuente de cobalto 60. Cuando se calibró la nueva fuente, se cometió un error al calcular la tasa de dosis, lo que dio lugar a que los pacientes recibieran dosis de radiación considerablemente más altas que las prescritas. Al parecer, se afectaron 115 pacientes que eran tratados por neoplasmas mediante radioterapia. A finales de septiembre de 1996, el error fue detectado, y se suspendieron los tratamientos. Las mediciones posteriores realizadas en la máquina en cuestión y el examen de los diagramas de los pacientes confirmaron que la tasa de exposición había sido mayor que la supuesta en un 50 a 60 por ciento. En julio de 1997, nueve meses después del accidente, 42 pacientes habían muerto. Entre los demás pacientes, muchos mostraron efectos evidentes de sobreexposición a las radiaciones, aunque todas las consecuencias de ésta no fueron evidentes en los meses posteriores al accidente. Sin embargo, es probable que en los próximos años, aparezcan en los pacientes los efectos irreversibles de las radiaciones y complicaciones resultantes del accidente. *(La versión en español se publicará a principios del año 2000.)*

Publicaciones en preparación:

GILAN, IRAN

El 24 de julio de 1996, un trabajador de la central eléctrica de combustible fósil de ciclo combinado, de Gilán, trasladaba materiales de aislamiento para el revestimiento de las calderas y tuberías de la central. Observó una pieza metálica brillante del tamaño de un lápiz a un lado de la zanja, y la guardó en el bolsillo libre de su traje de mecánico, a la derecha sobre el pecho. El objeto metálico resultó ser el "conductor flexible" de un radiógrafo con una fuente de iridio 192. Eso le provocó un grave síndrome hematópoyético (depresión de la médula ósea) y una radiolesión local de una extensión poco usual. Se le realizó, con éxito, una cirugía plástica en el Instituto Curie, de París. Desde entonces, el estado general del paciente ha sido satisfactorio, aunque sus lesiones son debilitantes.

ESTAMBUL, TURQUIA

Viejas fuentes de teleterapia guardadas en el almacén de una empresa de Ankara, fueron colocadas

en contenedores de plomo para enviarlas al proveedor. Permanecieron allí durante unos cinco años, debido a conflictos comerciales. En diciembre de 1998, la empresa envió los contenedores a otro almacén, en Estambul. Sin embargo, en vez de colocar el cargamento en el patio del depósito, los trabajadores lo situaron en una instalación contigua, donde permaneció durante unos nueve meses. Cuando esos inmuebles se vendieron, los nuevos propietarios vendieron los artículos que no querían, incluidos los contenedores con las fuentes dentro. El comprador llevó los contenedores a un patio abierto y, con la ayuda de otra persona, los desarmó. Diez personas recibieron dosis de radiación lo bastante altas para provocarles síndrome de radiación agudo. Una de las fuentes todavía está perdida.

YANANGO, PERU

En febrero de 1999, ocurrió un accidente radiológico en el emplazamiento en construcción de una central hidroeléctrica en Yanango, Perú, a 300 km al este de Lima. La víctima fue un soldador que trabajaba en el emplazamiento, quien recogió, sin darse cuenta, una fuente industrial de iridio destinada a operaciones de gammagrafía, que había quedado abandonada sin control. La guardó en el bolsillo trasero de sus pantalones. Inicialmente, fue hospitalizado en el Centro de Lucha contra el Cáncer, de Lima, porque sufría graves quemaduras debido a la radiación, y posteriormente fue remitido al Centro de Tratamiento de Quemaduras Graves del Hospital Militar Percy de Clamart (Hauts-de-Seine) en Francia. Continúa allí bajo tratamiento, y se espera que se beneficie de una técnica empleada en el tratamiento de quemaduras graves, que demostró ser eficaz en los guardias de seguridad georgianos, víctimas de un grave accidente radiológico en 1997.

REPUBLICA DE GEORGIA

En los últimos años, se han encontrado en Georgia muchas fuentes radiactivas sin protección. Las autoridades locales solicitaron, por primera vez, asistencia internacional, en octubre de 1997, cuando un grupo de guardafronteras que realizaba entrenamiento en un centro ubicado en Lilo, cerca de Tbilisi, se enfermó y presentó signos de enfermedades cutáneas radioinducidas. Once militares tuvieron que ser remitidos a hospitales especializados en Francia y Alemania. Se determinó que las exposiciones se debieron a varias fuentes de cesio 137 y de cobalto 60 de diversas actividades, abandonadas en un antiguo cuartel militar que antes estaba bajo el control de la ex Unión Soviética. En julio de 1998, se encontraron otras tres fuentes abandonadas con una actividad de 50 GBq, 3,3 GBq y 0,17 GBq, en Matkhoji, aldea agrícola a unos 300 km al oeste de Tbilisi. Al mismo tiempo, se descubrió que, en otro emplazamiento de una antigua base militar soviética, cerca de Kuthaisi, había una zona contaminada con radio 226. También se halló que, en otra base militar situada en la ciudad de Poti, cerca del Mar Negro, había otras dos fuentes radiactivas enterradas en una zona arenosa. En octubre de 1998, se descubrieron otras dos potentes fuentes en Khaishi, Georgia occidental. Las fuentes formaban parte de ocho generadores termoeléctricos ubicados en la región. Estos generadores solían tener una actividad de entre 740 y 5550 TBq. Desde entonces, cuatro de los generadores han sido localizados y ahora están almacenados en condiciones de seguridad. Uno de ellos fue recuperado en el lecho del río Inguri, que corre a todo lo largo de esta región en Georgia occidental. Recientemente, se hicieron otros dos descubrimientos: el 21 de junio de 1999, se encontró una fuente de cobalto 60, de unos 37 GBq, enterrada bajo una carretera cercana al jardín botánico de Tbilisi; el 5 de julio de 1999, se hallaron dos fuentes de cesio 137 en la ciudad de Rustavi, cerca de Tbilisi.