Mejor gestión de las fuentes de radiación gastadas

Los problemas con las fuentes de radiación empleadas otrora en la industria, la medicina y otras esferas han puesto de relieve la necesidad de prácticas más seguras

por B.G. Pettersson

A principios de 1992, el OIEA inició un programa para apoyar a los países, sobre todo del mundo en desarrollo, en sus esfuerzos por evitar situaciones que pudieran provocar accidentes con fuentes de radiación ya inactivas. Accidentes ocurridos en el pasado con fuentes de radiación han ocasionado la exposición de personas a dosis excesivas, incluso con resultados fatales, y han dado lugar a costosas operaciones de descontaminación y limpieza.

Las fuentes de radiación se emplean básicamente en la industria, la medicina y la investigación para distintas aplicaciones beneficiosas, como la radiografía y la teleterapia.

El problema principal estriba en la falta de medidas apropiadas cuando esas fuentes quedan fuera de servicio. Durante el tiempo de vida útil de una fuente de radiación se conocen fácilmente sus características radiactivas y al menos se aplican disposiciones básicas de protección radiológica. Pero si la fuente no se retira del servicio como es debido, podría fácilmente quedar fuera del alcance de los procedimientos de gestión segura y vigilancia. El retiro pasivo podría muy bien desembocar en una situación que, a la larga, nadie se responsabilizara de las medidas esenciales de protección radiológica y gestión de desechos. Se perdería entonces la información sobre la fuente y los datos del equipo, así como sobre la ubicación física de la fuente, y pronto podría producirse una situación propicia a los accidentes o incidentes, tal como lo han demostrado experiencias desafortunadas con accidentes radiactivos.

En el presente artículo se examinan algunos aspectos importantes de los problemas asociados a la gestión incorrecta o inadecuada de las fuentes de radiación gastadas. Se informa, además, sobre las actividades que se están realizando mediante el programa puesto en práctica recientemente por el OIEA, en especial aquellas destinadas a ayudar a los países a identificar, localizar y someter a una gestión segura las fuentes de radiación gastadas que podrían constituir riesgos en materia de salud pública y seguridad.

El Sr. Pettersson es funcionario del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares del OIEA. Se puede encontrar información más detallada sobre este tema en un informe del OIEA publicado recientemente con el título *Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources*, IAEA TECDOC-620, Viena (Septiembre de 1991).

Fuentes de radiación selladas

Una fuente de radiación sellada es una pieza de equipo hecha por encargo, cuyo diseño se basa en los requisitos que plantea el uso para el que se ha previsto, así como las medidas de seguridad pertinentes. Se dice que son selladas porque están encerradas dentro de una cápsula para la contención de los elementos radiactivos. El encapsulamiento puede ser de dos capas, especialmente el destinado a las fuentes emisoras de rayos gamma, y suele fabricarse de acero inoxidable, aunque también pueden utilizarse otros materiales inertes como el platino y el titanio. Para las primeras fuentes de radio se utilizaron cápsulas hechas de oro, plata, latón e incluso vidrio.

Las fuentes de radiación modernas se fabrican según normas internacionalmente acordadas y específicas para los usos finales a que están destinadas. El material radiactivo en sí se halla en forma insoluble (por ejemplo, metal o cerámica). Las normas exigen que se aprueben las fuentes para garantizar su hermeticidad. Normalmente estas fuentes pueden resistir condiciones ambientales adversas como la exposición al calor durante una incineración no intencional.

Las antiguas fuentes de radiación, en especial las de radio, se fabricaron conforme a normas menos estrictas que las actuales, por ejemplo, el material radiactivo era a menudo un polvo o una sal soluble, y la técnica utilizada para sellar la cápsula era inferior si se compara con la práctica actual. Lo que hoy se considera una gestión adecuada de protección radiológica de las fuentes de radiación no siempre se puso en práctica desde el principio, lo que dio lugar a accidentes debidos a la manipulación, el uso o el almacenamiento inadecuados de las fuentes de radio.

Año	Ubicación	Tipo de fuente de radiación y su aplicación	Víctimas Trabajadores	Víctimas Público
1962	México D.F.	Fuente de radiografía perdida		4
1963	China	Irradiador de semillas		2
1975	Brescia, Italia	Irradiador de alimentos	1	
1978	Argelia	Fuente de radiografía perdida		1
1981	Oklahoma, EE UU	Radiografía industral	1	
1982	Noruega	Esterilizador de instrumentos	1	
1984	Marruecos	Fuente de radiografía perdida		8
1987	Goiânia, Brasil	Fuente de teleterapia robada		4
1989	El Salvador	Instalación de esterilización	1	
1990	Israel	Instalación de esterilización	1	
			5	19

Total: 10 sucesos con 24 víctimas.

Nota: No se incluyen los accidentes ocasionados por rayos X, aceleradores, tratamiento médico, y reactores o conjuntos críticos.

Fuente: Oak Ridge Associated University, EE UU.

Muertes causadas por accidentes con fuentes de radiación selladas

Radio. Antes de los años cincuenta, el radio era prácticamente el único radionucleido de que se disponía para utilización en fuentes de radiación; su uso predominaba en la esfera de la medicina (braquioterapia). En aquel entonces el radio era muy caro, lo que significa que el control de las fuentes estaba vinculado esencialmente con razones económicas. Sólo más tarde, como resultado de las lecciones aprendidas mediante la observación de los daños causados a los tejidos por la radiactividad, se introdujeron controles basados en criterios de protección radiológica. Más de 100 de los precursores en esta esfera murieron a consecuencia de altos niveles de exposición a las radiaciones.

La principal aplicación que tuvo el radio fue el tratamiento de tumores malignos. El material radiactivo estaba contenido en tubos o en pequeñas agujas que podían ponerse en contacto directo con el tumor, lo que constituyó una gran ventaja en comparación con los rayos X, que sólo podían aplicarse por el exterior del cuerpo humano.

El radio se utilizaba también en componentes luminosos de relojes de pulsera, relojes de pared e instrumentos. Sobre todo en los años veinte y treinta había en el mercado una gama de productos diversos que contenían pequeñas, si no diminutas, cantidades de radio; y que debieron su potencial de comercialización al éxito del radio en la radioterapéutica. Entre ellos figuraban, por ejemplo, emisores de radio para producir agua radónica "sana", ungüentos de radio y ropas tratadas con radio a las que se atribuían supuestos poderes curativos. Con todo, nunca se demostró científicamente que estos productos tuvieran los efectos curativos que prometían los anuncios. En realidad, su fabricación no estaba justificada y su uso podía ser peligroso. Un emisor de radio podía contener hasta 0,5 mg de radio aproximadamente.

Marie y Pierre Curie extrajeron el radio por primera vez en 1898; cuando en 1960 se suspendió la extracción de radio con fines comerciales, ya se habían producido cerca de cuatro kilogramos. En el decenio de 1950 empezaron a aparecer fuentes de radiación más adecuadas y seguras que poco a poco fueron sustituyendo al radio.

Actualmente las fuentes de radio constituyen un problema especial que guarda relación con el alto valor comercial que tuvo este elemento al principio, así como con sus características y el diseño de las fuentes. Anteriormente se suministraban fuentes de radio a los países en desarrollo en forma de donaciones, o se enviaban a éstos antes de que hubieran alcanzado su independencia. Cuando se dispuso de otras fuentes de radiación, el incentivo económico para llevar a cabo el control necesario disminuyó, a veces sin que se establecieran las medidas adecuadas de protección radiológica.

A medida que avanza el tiempo, aumenta el riesgo de que llegue un momento en que nadie sepa la cantidad original de fuentes, sus características o su ubicación físicas. Si, posteriormente, el lugar de explotación se clausura o se traslada a cualquier otra parte, podría desaparecer por completo todo vestigio de las fuentes.

El otro aspecto del problema está asociado con el largo período de semidesintegración (1600 años) y la desintegración del radio. La desintegración genera gas, lo que significa que se acumula presión en la cápsula que contiene el radio. Si la cápsula no está bien sellada, habrá filtración y se contaminará al menos el medio inmediato.

Accidentes con fuentes selladas

En publicaciones científicas y técnicas se comunican los accidentes e incidentes con fuentes de radiación selladas, pero no es fácil obtener una recopilación completa de estos sucesos. El OIEA ha dedicado simposios, o sesiones de simposios, a esos acontecimientos y la Oak Ridge Associated University de los Estados Unidos de América conserva un registro que brinda información al respecto, pero todavía su alcance es limitado.

Según la información procedente de ese registro, han ocurrido 10 accidentes fatales con fuentes selladas. En cinco de ellos, cada uno causó una muerte, los accidentes estuvieron asociados con fuentes que estaban todavía en uso. En los otros cinco accidentes intervinieron fuentes gastadas y murieron 19 personas. *(Véase el cuadro.)*

A juzgar por los datos, los accidentes con fuentes gastadas tienen consecuencias más graves que los accidentes con fuentes aún en uso. Los accidentes con fuentes gastadas ocurren porque las personas no se percatan de que están manipulando una fuente de radiación, de ahí que quizás transcurra mucho tiempo antes de que se reconozca el accidente, y aumenten los niveles de exposición antes de que se adopten las medidas de protección correspondientes.

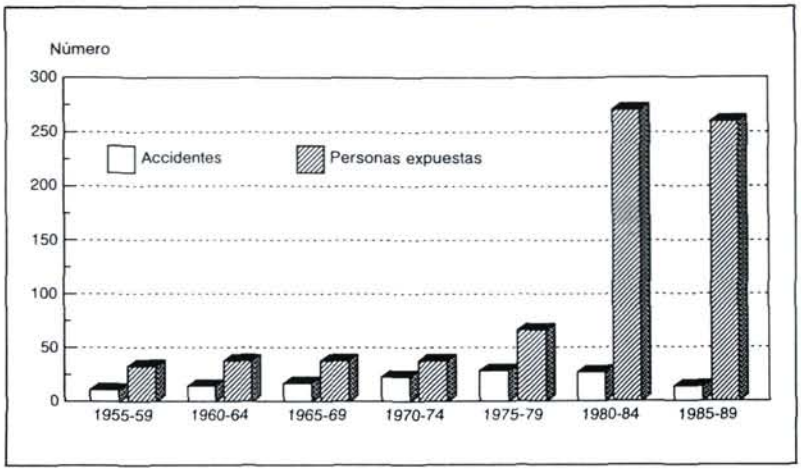
Los accidentes con fuentes gastadas de consecuencias fatales suelen caracterizarse por un mayor número de personas sobreexpuestas que los accidentes con fuentes todavía en uso de índole semejante. Durante los últimos tres decenios ha mermado el número de accidentes notificados, pero en lo tocante al número de personas sobreexpuestas, la situación ha sido a la inversa. *(Véase el gráfico.)*

Los accidentes pueden tener graves consecuencias sin que por ello entrañen la pérdida de vidas

humanas. Las dosis individuales resultantes serían bajas, pero no así la dosis colectiva. Además, los costos por concepto de limpieza podrían ser considerables.

En los años cincuenta, ocurrió en Nueva York un caso especial e inusitado de contaminación metálica. Fuentes de radón gastadas, o para ser más precisos, el oro utilizado para su encapsulamiento, de algún modo pasó a utilizarse en la industria de la orfebrería; con ese oro se fabricaron anillos y otras joyas sin un debido proceso de descontaminación. En 1981 se identificaron en total 170 piezas contaminadas y nueve casos de personas con lesiones cutáneas. Como promedio esas personas habían usado sus joyas durante 17 años. Todavía en 1989 se descubrieron tres nuevos casos de anillos contaminados, dos de los cuales habían provocado cáncer en la piel del dedo del portador.

En general, la magnitud de los posibles problemas relacionados con fuentes de radiación selladas, especialmente con fuentes gastadas, pueden variar considerablemente. *(Véase la figura de la página 22.)*



Accidentes notificados con fuentes de radiación selladas y personas expuestas

Consecuencias económicas de los accidentes

Los costos económicos asociados a un accidente con una fuente de radiación gastada sólo pueden explicarse de forma general. Cabe señalar que los daños ocasionados a la salud, entre ellos los daños fatales, no se incluyen en toda su extensión por no poder expresarse en términos monetarios.

Tratamiento médico e indemnización. Es probable que las personas sobreexpuestas necesiten tratamiento médico especializado y que tanto ellas como otras personas necesiten otros tipos de tratamiento que les ayude a superar las traumáticas experiencias que provoca un accidente. Los costos complementarios conexos comprenden el pago de indemnización monetaria a las personas afectadas por los accidentes.

Pérdidas de elementos, productos o plantas. Tales gastos son los derivados de una descontaminación tan infructuosa que habría que clasificar el elemento como desechos radiactivos. Aun cuando la descontaminación resulte satisfactoria, a menudo puede ser un proceso lento que, entre otras cosas, reduzca la capacidad de producción.

Medidas correctoras y de seguimiento. Quizás no se conozca la causa exacta de los sucesos antes de que se reconozca el accidente; tal vez en esos casos proceda adoptar amplias medidas de vigilancia y observación para identificar las fuentes perdidas y la contaminación. Las fuentes y todo material contaminado tendrán que manipularse y procesarse como desechos radiactivos que deben almacenarse y finalmente evacuarse en condiciones de seguridad.

Estos costos sólo admiten estimaciones o cifras ilustrativas. El tratamiento médico especializado de personas expuestas a altas dosis de radiactividad resulta muy costoso. El monto del tratamiento de una persona muy expuesta a la radiactividad puede superar los 500 000 dólares. Los gastos por concepto de indemnización a personas son prácticamente imposibles de ilustrar, toda vez que dependen de factores como la política que se siga en el país y los pormenores de la legislación nacional.

Tampoco puede indicarse la pérdida del valor de inversión porque se trata de un valor específico según el caso. Sin embargo, si hay contaminación, esos gastos pueden ser considerables y ascender a millones de dólares.

Los gastos que acarrean los estudios destinados a determinar el nivel de contaminación pueden ser desde insignificantes hasta superiores a 100 000 dólares. Los costos de la descontaminación dependen en gran medida de la naturaleza y el alcance de ésta. En este caso también es posible que el costo alcance o rebase la cifra de un millón de dólares.

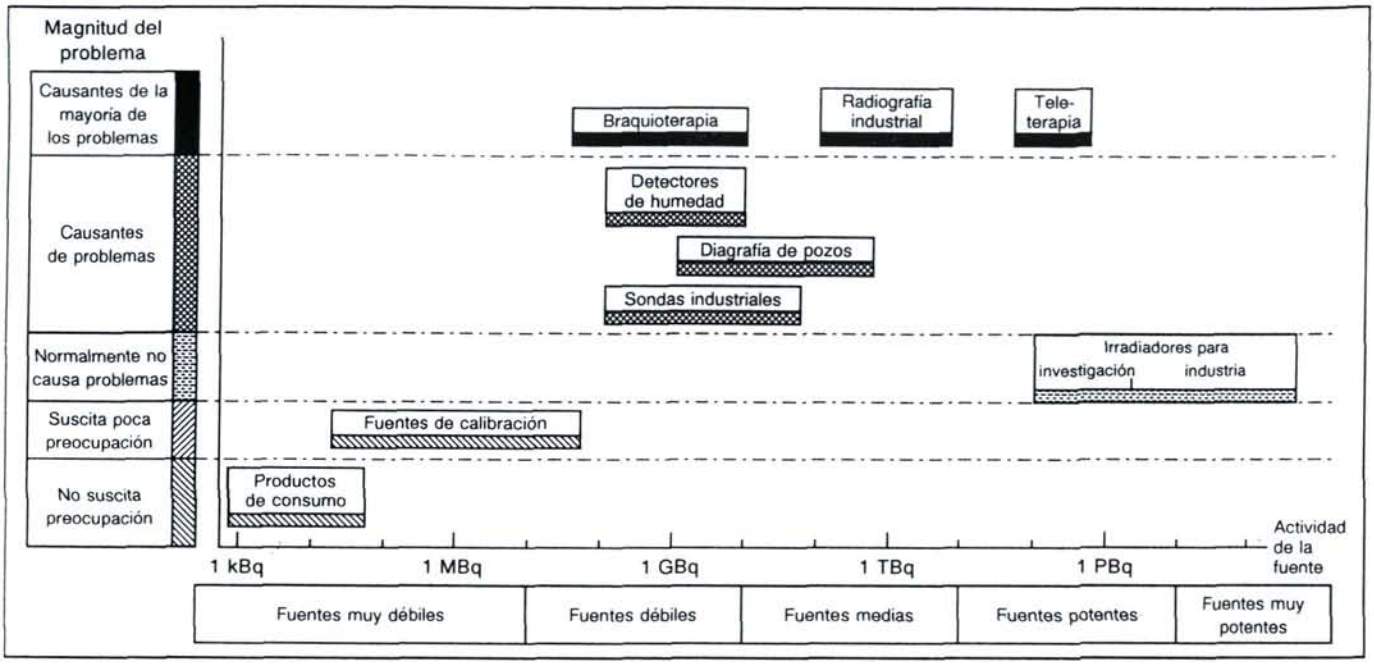
Los costos de la gestión de desechos radiactivos serán específicos de cada caso. Entre las actividades necesarias se incluyen la recogida de desechos *in situ*, el acondicionamiento, el almacenamiento provisional, las operaciones de transporte y la evacuación definitiva. Se calcula que el costo por metro cúbico de la evacuación definitiva oscila entre 1000 y 10 000 dólares.

Problemas de reconocimiento y prevención

La experiencia confirma que los accidentes con fuentes de radiación gastadas de hecho pueden ocurrir. Para comprender qué medidas hay que tomar a fin de evitarlos se necesita una combinación de conciencia y capacidad.

Conciencia significa comprensión o reconocimiento de los peligros asociados a las fuentes de radiación gastadas. Un elemento conexo es el conocimiento básico de que las fuentes de radiación han sido utilizadas y se utilizan en el país. La capacidad abarca todas las condiciones y medidas necesarias para identificar, ubicar y gestionar adecuadamente las fuentes.

De modo general se puede inferir que los países que carecen de una infraestructura para la protección radiológica y la gestión de desechos no reconocen en su justa medida los riesgos que entrañan las fuentes de radiación gastadas. Cabría afirmar que si no hay pruebas o sospechas de la existencia de fuentes de radiación gastadas, no hay nada de que ser cons-



Magnitud de los problemas derivados de las aplicaciones seleccionadas de fuentes de radiación gastadas

ciente, de ahí que, el elemento de la infraestructura adquiere suma importancia. Quizás la conciencia sólo pueda lograrse después de establecer la legislación apropiada y un organismo estatal con responsabilidad y facultad para hacer cumplir las disposiciones en materia de protección radiológica y gestión de desechos.

Una vez lograda esa conciencia, deben imperar otras condiciones que permitan establecer la capacidad necesaria para realizar operaciones de gestión de desechos adecuadas. En esto intervienen varios factores:

- En este caso también, la infraestructura para la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos reviste gran importancia. Además de hacer los arreglos jurídicos y de organización necesarios, es menester contar con personal cualificado. Esta infraestructura no debe considerarse de forma aislada. Por el contrario, para que todo funcione satisfactoriamente es preciso mantener una estrecha cooperación con otras instituciones del país, o de otros países, en esferas como la capacitación y el suministro de equipo.
- Es probable que los aspectos financieros sean importantes en muchos países en desarrollo y que sus limitados recursos financieros tengan que destinarse a otros fines simplemente porque las necesidades asociadas son mayores.
- En muchos casos no se conoce la identidad y ubicación de las fuentes de radiación gastadas.

Estrategia y respuesta del OIEA

Teniendo en cuenta la urgente necesidad de mejorar la gestión segura de las fuentes de radiación gastadas, el OIEA ha elaborado una estrategia polifacética cuyos principales elementos son los siguientes:

- Promover la creación y el mejoramiento de la infraestructura de gestión de desechos.
- Fomentar el retorno de las fuentes de radiación gastadas a los proveedores como primera opción para los países en desarrollo.
- Facilitar la gestión de las fuentes de radiación gastadas en los países en desarrollo elaborando manuales técnicos y material de capacitación, brindando oportunidades de capacitación y evaluando la situación nacional mediante las misiones de expertos del Programa de Asesoramiento sobre Gestión de desechos radiactivos (PAGD) y la ejecución ulterior de proyectos de cooperación técnica.
- Prestar asistencia práctica a los países que carecen de una infraestructura de gestión de desechos para que logren la gestión segura de sus fuentes de radiación gastadas.
- Fomentar la cooperación regional en el establecimiento de repositorios a poca profundidad para fuentes de radiación gastadas de período corto, y de instalaciones de almacenamiento provisional para fuentes de radiación gastadas de período largo; y promover la cooperación para la concertación de acuerdos multinacionales o bilaterales que aumenten la capacidad de los Estados Miembros en desarrollo para evacuar las fuentes de radiación gastadas de período largo en repositorios geológicos profundos para desechos radiactivos de actividad alta cuando éstos se establezcan.

En relación con el primer punto, infraestructura para la gestión de desechos radiactivos, la estrategia engloba por ejemplo, leyes, reglamentos, una autoridad competente, personal capacitado y experimentado, instalaciones y equipo para realizar las tareas vinculadas a la gestión y evacuación de las fuentes.

En cuanto al quinto punto, las bases para el establecimiento de repositorios regionales a poca profundidad, así como de instalaciones para el alma-

cenamiento provisional, deberían ser la necesidad común de la región de resolver un problema y la comprensión mutua de la idoneidad de una opción particular para satisfacer esa necesidad.

Es difícil pensar que en la mayoría de los Estados Miembros del mundo en desarrollo se construyan repositorios en formaciones geológicas profundas, ya que los costos quizás no estén en proporción, tanto en volumen como en nivel de radiactividad, con las pequeñas cantidades de fuentes de radiación gastadas. Sería razonable presumir que, por consideraciones de protección radiológica y de seguridad, se acepte la evacuación de esas pequeñas cantidades adicionales en los repositorios en formaciones geológicas que se están diseñando en algunos Estados Miembros para el manejo de grandes volúmenes de desechos de actividad alta. En el marco de los acuerdos bilaterales podrían establecerse las cuestiones jurídicas y los criterios de aceptación.

Plan de acción. Partiendo de la estrategia anterior, se ha elaborado el siguiente plan de acción para que el Organismo lo ponga en práctica:

Cursos regionales de capacitación. Se concentrarán en la identificación y ubicación de las fuentes, en su transporte, en su acondicionamiento o retorno a los proveedores, en las opciones de almacenamiento, y en la evacuación definitiva. Se prevé la publicación de un conjunto de materiales de capacitación que permita a los Estados organizar sus propios cursos. Los cursos de capacitación coordinados por el OIEA se planifican anualmente.

Métodos para identificar las fuentes de radiación gastadas. En un documento técnico se orientará sobre las medidas prácticas que deben tomarse para localizar fuentes de radiación gastadas. Se especificará los lugares donde es posible encontrarlas, qué aspecto tienen, cuáles son los instrumentos apropiados para buscarlas y cómo utilizarlas mejor, entre otras orientaciones prácticas.

Elaboración de un conjunto de datos para comprobar las fuentes de radiación selladas. Para garantizar que se disponga de la información pertinente tan pronto se gaste una fuente, y también para facilitar su identificación y ubicación, se elaborará un conjunto de programas de una base de datos de propósitos múltiples con el fin de conservar los registros. El conjunto de programas, que podrá utilizarse en computadoras personales, se entregaría para uso de las autoridades nacionales competentes.

Establecimiento de una base de datos sobre accidentes. Esta base de datos tiene por objeto servir de fuente de información sobre las lecciones que se han de extraer y las contramedidas que deberán adoptarse para evitar o mitigar los efectos de los accidentes con fuentes de radiación gastadas.

Diseño conceptual de una instalación central tipo de almacenamiento provisional. Este esfuerzo está encaminado a suministrar a los países en desarrollo la información necesaria para la selección del emplazamiento, la construcción y la puesta en funcionamiento de una instalación de almacenamiento provisional para fuentes de radiación gastadas de radiactividad limitada.

Documento de prácticas de seguridad sobre el acondicionamiento y el almacenamiento provisional de desechos radiactivos provenientes de pequeños usuarios. En el marco del programa del OIEA de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS) se elaborará una serie de prácticas de seguridad para apoyar y ampliar el asesoramiento y las orientaciones dados en otros documentos más conceptuales del RADWASS. Los planes actuales indican que el tema del acondicionamiento y almacenamiento provisional de desechos radiactivos procedentes de pequeños usuarios se incluirá en un documento apropiado del RADWASS sobre prácticas de seguridad.

Misiones de expertos para ayudar a la identificación y gestión de las fuentes de radiación gastadas existentes en los países en desarrollo. Se prestaría asistencia a los Estados Miembros que no cuentan con un programa de investigación nuclear ni con una infraestructura de gestión de desechos. Se les prestaría esta asistencia con el objeto de "limpiar" en una situación determinada y sólo por una vez.

Apoyo a los esfuerzos para establecer emplazamientos regionales de almacenamiento provisional de desechos radiactivos acondicionados. Se prevé que al principio el apoyo del Organismo se limite a entablar debates entre los países en desarrollo que ya pertenecen a grupos regionales establecidos, y a participar en dichos debates.

Está previsto que el plan de acción se aplique en un plazo de cinco años. Los primeros cinco temas forman parte de las actividades en curso.

Resumen

El nuevo programa del Organismo sobre fuentes de radiación gastadas se ha organizado con la finalidad de ayudar a los Estados Miembros, en especial, a los países en desarrollo, a evitar posibles accidentes con fuentes de radiación gastadas. El objetivo es ayudarlos por varias vías a mejorar sus prácticas seguras de gestión de desechos y, cuando sea necesario, a establecerlas.

El programa centra su principal atención en el fortalecimiento de las infraestructuras nacionales y los recursos humanos para lograr una gestión eficaz de los desechos. Con todo, los países recibirán también, en cierta medida mediante misiones de expertos internacionales, asistencia práctica directa en la identificación, ubicación y acondicionamiento de las fuentes de radiación gastadas existentes.