

# EVACUACION DE DESECHOS RADIACTIVOS

La evacuación de cantidades cada vez mayores de desechos radiactivos constituye quizá el problema más importante que plantea la utilización creciente de la energía atómica con fines pacíficos. Muchos de sus complejos aspectos fueron examinados en la conferencia científica sobre evacuación de desechos radiactivos que el OIEA celebró en Mónaco del 16 al 21 de noviembre de 1959. Esta conferencia fue organizada conjuntamente con la UNESCO, y la FAO colaboró en sus trabajos.

En el discurso que pronunció en la sesión inaugural de la Conferencia, el Sr. Sterling Cole, Director General del OIEA, dijo que el término desechos radiactivos es impropio, pues si bien todavía no se les ha encontrado una aplicación inmediata, ello no significa que esto no suceda con el transcurso del tiempo. Por lo tanto sería más acertado considerar la cuestión como un problema de almacenamiento y no de evacuación. Añadió que la Conferencia de Mónaco había reunido especialistas de muchos países en disciplinas científicas muy diferentes permitiéndoles aunar sus conocimientos en un esfuerzo común por el bien de la humanidad.

El Dr. Vittorino Veronese, Director General de la UNESCO, destacó la importancia del problema por sus repercusiones sobre la salud y la existencia misma del género humano. Hizo observar que el extraordinario progreso de la ciencia plantea nuevos problemas al hombre, pero agregó que, a su juicio, los científicos tienen plena conciencia de los nuevos deberes y responsabilidades que les incumben.

## Origen y naturaleza de los desechos radiactivos

Los desechos radiactivos se forman durante el funcionamiento de los reactores, así como en los procesos de regeneración del combustible nuclear agotado y de la utilización de los radioisótopos en la industria, la medicina, la agricultura y la investigación. La principal fuente de desechos es, con mucho, la regeneración del combustible agotado. Es importante recordar que los productos de la fisión nuclear son radiactivos. Algunos de ellos pueden ser separados como radioisótopos útiles; también se pueden recuperar sustancias fisionables como el plutonio de de aquella parte de los elementos combustibles que no se ha fisionado. Se está estudiando la manera de aprovechar al máximo estos productos útiles del funcionamiento de los reactores; no obstante, la mayor parte de las sustancias radiactivas debe ser evacuada como desecho.

Los desechos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y, por lo general, se les clasifica con arreglo

a su concentración y radiactividad, que puede ser baja, media o elevada. La evacuación puede efectuarse en el suelo, en el agua o en la atmósfera.

Sea cual fuere el método de evacuación empleado, es preciso tener en cuenta la posibilidad de que parte de las sustancias radiactivas vuelvan al medio ambiente e incluso al ciclo biológico del hombre. La evacuación de desechos podría definirse como un procedimiento destinado a impedir que la radiactividad de los desechos llegue al hombre en dosis superiores a las que se consideran admisibles. Las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica constituyen una guía útil para la protección contra las radiaciones, pero no son enteramente aplicables a la evacuación de desechos porque la radiactividad de estos últimos raras veces llega al hombre por vía directa. La seguridad en la evacuación de desechos radiactivos depende no sólo de la índole y la cantidad de los materiales de que se trate, sino también del comportamiento de estos materiales en distintos medios y de la forma en que el hombre entra en contacto con dichos medios.

En términos generales, el problema de la evacuación puede abordarse de dos maneras distintas: los desechos pueden ser diluidos o dispersados de modo que la radiación a que cada individuo esté expuesto resulte insignificante, o se les puede concentrar y aislar en forma permanente del hombre y de su medio ambiente.

Sesión de apertura de la Conferencia de Mónaco



## Descarga en el suelo

En la conferencia de Mónaco se describieron varios métodos para la descarga de desechos radiactivos en el suelo. Esos métodos comprenden desde la descarga de los efluentes líquidos en pozos situados en lugares especialmente escogidos para tal fin hasta el almacenaje permanente a gran profundidad de los materiales de actividad elevada en estratos adecuados desde el punto de vista geológico. Cuando se trata de almacenar las sustancias, conviene ante todo reducir su volumen a fin de facilitar los trabajos. Si los desechos son líquidos, deberán concentrarse; si son sólidos, habrá que comprimirlos antes de encerrarlos en recipientes. Los líquidos de actividad media, por ejemplo, pueden mezclarse con cemento en tambores que se apilan y entierran totalmente en zanjas de hormigón. Los desechos sólidos de actividad media también pueden ser enterrados en zanjas revestidas de hormigón; los de actividad elevada pueden colocarse en hoyos revestidos de tuberías de acero o de hormigón.

Se han ideado varios métodos para acumular los desechos líquidos en tanques subterráneos. Se está estudiando el empleo de las cavidades naturales o artificiales en las formaciones salinas como lugares de evacuación. Este método resulta conveniente por distintos motivos, entre ellos la impermeabilidad de la sal, la amplia distribución geográfica de los yacimientos salinos y las enormes cantidades de sal disponibles, su conductividad térmica relativamente elevada que permite la dispersión del calor generado por las sustancias radiactivas, y la relativa facilidad con que pueden formarse cavidades en la sal. Cuando el volumen de desechos de baja o media actividad es excesivo para un almacenamiento permanente o un tratamiento de descontaminación, la evacuación en ciertas formaciones geológicas profundas, tales como las areniscas, puede resultar segura y poco costosa. En esos casos suele ser necesario un sistema de pozos de infiltración.

Muchos expertos son partidarios de la solidificación de los desechos líquidos. Se han aducido varias razones en apoyo de este procedimiento; por ejemplo, la movilidad de las sustancias sólidas es menor que la de los líquidos y es, por consiguiente, menos probable que vuelvan al medio ambiente del hombre. La reducción del volumen simplifica, además, los trabajos de evacuación. Los sólidos ejercen asimismo una menor acción corrosiva sobre los recipientes de almacenamiento. Por otra parte, los sólidos facilitan la separación de los productos de fisión útiles.

Cuando los desechos de elevada actividad se almacenan en el subsuelo, debe concederse especial atención durante los primeros años a la eliminación del calor generado por las sustancias radiactivas.

Otro método estudiado en Mónaco consiste en la incorporación de productos de fisión de elevada radiactividad en vidrio que se entierra o almacena en depósitos subterráneos artificiales. La cantidad de radiactividad liberada depende de la composición del vidrio pero, de todos modos, disminuye con el tiempo.

Sea cual fuere la técnica empleada para la evacuación en el subsuelo, la elección de lugares y métodos constituye ante todo un problema geológico. Entre las cuestiones que habrán de examinarse a ese respecto figuran los procesos por los cuales los desechos se fijan en el suelo o en las rocas. Es también un problema hidrológico porque el proceso de circulación del agua en la naturaleza es precisamente lo que permite que los desechos enterrados en el subsuelo vuelvan al medio ambiente del hombre.

## Descarga de los desechos en el agua

Existen considerables diferencias entre la evacuación de desechos en ríos, en puertos, en la plataforma continental exterior o en alta mar. En la conferencia de Mónaco se señaló, por ejemplo, que los mares continentales como el Báltico plantean problemas especiales de evacuación.

Las cantidades más considerables de desechos que se descargan en los ríos proceden de los establecimientos de energía atómica. Ahora bien, estos establecimientos controlan estrictamente la actividad de todos los líquidos que evacúan, analizan continuamente muestras de las aguas antes de descargarlas en las vías acuáticas y cuentan con depósitos para retener el agua en caso de que se produzca un aumento imprevisto de la radiactividad, a raíz de un accidente. En este caso, el agua contaminada se somete a un tratamiento para separar las sustancias radiactivas antes de descargarla en los ríos.

Análogamente, las aguas cloacales y otros efluentes radiactivos se envían a diferentes instalaciones de tratamiento según su grado de actividad. Para disminuir la radiactividad del agua hasta el punto en que su descarga en un río no entrañe peligros para la población, se aplican métodos tales como la filtración, el tratamiento químico y el intercambio iónico. Al desplazarse río abajo, los efluentes radiactivos se diluyen y se dispersan y su radiactividad disminuye considerablemente por la desintegración de los radioisótopos de período breve. Además, el cieno y la fauna y la flora acuáticos extraen parte de las sustancias radiactivas presentes en las aguas. Merced a estos procesos, el agua utilizada para la refrigeración de los reactores de Hanford (Estados Unidos de América), que se descarga en grandes volúmenes en el río Columbia, queda suficientemente descontaminada y puede utilizarse para el abastecimiento de agua de una localidad situada a unos 55 kilómetros río abajo de los reactores.

El criterio que rige la evacuación de sustancias radiactivas en el mar en condiciones de seguridad es fundamentalmente el mismo que se aplica para la evacuación en otros medios y consiste en reducir la dosis de radiación a un nivel admisible para el hombre. Excepto en los casos en los que la contaminación por desechos de elevada actividad se produce como consecuencia de un accidente, las sustancias radiactivas se transmiten al hombre principalmente a través del ciclo biológico y de la circulación del agua en la naturaleza. Diversos procesos físicos, químicos y biológicos influyen en la distribución de

las sustancias radiactivas y en su vuelta al hombre. Entre ellos se cuentan las precipitaciones pluviales y la absorción, concentración y transporte por organismos vivos. Antes de decidir si una zona marítima determinada es adecuada para la evacuación de desechos, es preciso hacer un estudio cuantitativo de dichos procesos.

Se atribuye gran importancia a las aguas costeras, puertos y estuarios, por cuanto constituyen las regiones más adecuadas para la evacuación de desechos de baja actividad procedentes de operaciones realizadas en la costa. Por otra parte, no queda descartado que los barcos de propulsión nuclear puedan sufrir accidentes en dichas regiones. Al mismo tiempo, éstas son las zonas marítimas que más utiliza el hombre para la pesca y actividades recreativas. Al evaluar los riesgos de la evacuación de desechos en esas zonas, debe tenerse en cuenta el modo de alimentación de la población humana local.

En alta mar, el plancton puede actuar como un importante portador de radiactividad. En el Océano Pacífico Central, por ejemplo, se descubrió que como consecuencia de la precipitación, la actividad del plancton era casi 500 veces superior a la del agua. Sin embargo, en alta mar existen vastas zonas que constituyen verdaderos desiertos biológicos donde la pesca no es productiva y en las que podrían evacuar-se grandes cantidades de sustancias radiactivas. Por consiguiente, es preciso efectuar investigaciones a fin de delimitar las zonas que ahora y en lo futuro podrían utilizarse para la pesca comercial. Como los organismos marinos poseen una facultad selectiva de acumular radioisótopos, la evacuación de desechos en condiciones de seguridad dependerá no sólo de la índole de los desechos, sino también del tipo de organismos presentes. Algunos moluscos, por ejemplo concentran cesio radiactivo, pero no concentran estroncio excepto en sus conchas. Lo mismo puede decirse de muchos crustáceos y peces de mar en los que es posible encontrar elevadas concentraciones de radioestroncio en las conchas, espinas y escamas, pero no en la carne comestible. Por otra parte, el radiocesio se concentra principalmente en sus tejidos musculares.

Se han utilizado las zonas de aguas profundas para descargar desechos radiactivos envasados. Según algunos expertos, este método no entraña peligro alguno, en tanto que otros sostienen que todavía es preciso efectuar investigaciones sobre la circulación, la mezcla y la sedimentación en alta mar, los índices de intercambio entre las capas superficiales y profundas, y el paso de elementos de las capas profundas a las superficiales, a consecuencia de la migración de los organismos marinos.

## Evacuación en la atmósfera

Los desechos radiactivos gaseosos, originados en particular durante la regeneración de los combustibles nucleares irradiados, consisten en productos de fisión gaseosos y partículas radiactivas suspendidas en el aire o en otros gases. Esas partículas

plantean dos tipos de problemas: uno de alcance limitado, que deriva de la contaminación del aire en la vecindad inmediata de las instalaciones atómicas, y otro más universal, debido a la contaminación a largo plazo, que puede llegar a constituir un peligro en el mundo entero. En el pasado se han llevado a cabo muchas investigaciones sobre la contaminación local provocada por desechos no radiactivos, tales como el anhídrido sulfuroso y los humos procedentes de la combustión del carbón. Se han obtenido datos interesantes aplicables igualmente a los desechos radiactivos. Asimismo, el estudio de las precipitaciones radiactivas originadas como consecuencia de los ensayos nucleares contribuyó considerablemente a ampliar nuestros conocimientos de los desplazamientos de largo alcance en la atmósfera.

Los datos disponibles sobre la contaminación a corto y a largo plazo señalan la conveniencia de mantener en un mínimo la descarga de desechos radiactivos gaseosos. Los progresos continuos efectuados en las técnicas de depuración del aire -filtración y tratamiento químico- permiten limitar la contaminación de la atmósfera y es probable que el problema de la evacuación de desechos gaseosos y partículas transportadas por el aire se resuelva antes que el de la eliminación de los desechos líquidos.

## Importancia del problema

La selección de los emplazamientos y métodos para evacuar los desechos radiactivos depende no sólo de la naturaleza de dichos desechos y de la del medio ambiente, sino también en gran medida de las cantidades que han de eliminarse, tanto por razones de seguridad como de economía. Por tanto, se atribuye considerable importancia a las evaluaciones de las cantidades de sustancias radiactivas que habrán de evacuarse.

Puesto que la mayoría de los desechos radiactivos se forman durante la regeneración de los combustibles irradiados, la cantidad de estos desechos dependerá en primer lugar de la evolución de la industria nucleoelectrónica. Por consiguiente, es muy difícil establecer previsiones seguras que abarquen más de un decenio. Puede tenerse una idea de la magnitud del problema examinando algunos valores numéricos facilitados por distintos países. En los Estados Unidos, se ha calculado que en 1970 las centrales nucleoelectrónicas habrán producido 3 000 millones de curies contenidos en 27 millones de litros de solución, y alrededor del año 2000, 60 000 millones de curies en 1,1 billones de litros de solución. Se estima que para esa época, el 88 por ciento de los productos de fisión peligrosos que se habrán obtenido estarán acumulados en los sistemas de evacuación. Un informe del Canadá señala que entre 1946 y 1957 se descargaron cerca de la costa de California más de 16 000 tambores que contenían cada uno 250 litros de desechos de baja actividad. En Harwell (Reino Unido), antes de almacenar o de evacuar en el mar los desechos sólidos contaminados (materiales de construcción, ropa protectora, equipo de laboratorio, residuos de animales, etc.), se

reduce primero su volumen en toda la medida de lo posible. En dicho centro de investigaciones se acumulan por semana unos 90 metros cúbicos (29 toneladas) de desechos.

La manipulación y el transporte de grandes cantidades de desechos radiactivos presenta también ciertas dificultades y riesgos debido al peligro de irradiación y contaminación. Este hecho ha de tenerse en cuenta al seleccionar el emplazamiento de las instalaciones nucleares. Requiere asimismo la elaboración de reglamentaciones especiales y la organización y capacitación profesional de grupos de técnicos en el transporte y evacuación de los desechos radiactivos.

Además, la presencia de sustancias radiactivas, así como su transporte, almacenamiento y evacuación, plantea problemas administrativos y jurídicos de carácter local, nacional e internacional. En primer lugar, es esencial preparar y dictar normas y principios adecuados. Antes de conceder una autorización para evacuar desechos, las autoridades competentes deben calcular los niveles admisibles. Más adelante, ha de procederse con regularidad al monitoraje de las zonas de evacuación.

### Reseña de los debates

En opinión de muchos de los expertos que participaron en la Conferencia de Mónaco los métodos propuestos o ya aplicados para la evacuación de desechos son, en su mayor parte, compatibles con las normas de seguridad. Otros estimaron, en cambio, que algunos de dichos métodos no están exentos de riesgo. Se referían sobre todo a los peligros inherentes a la evacuación en el mar. No obstante, todos los participantes opinaron que es necesario proceder a nuevas y múltiples investigaciones para establecer métodos de evacuación más eficaces y económicos y para conocer con más precisión los efectos de los diferentes procedimientos, teniendo en cuenta sobre todo las cantidades crecientes de desechos que se producirán a medida que aumente la importancia de la industria de la energía nuclear.

Refiriéndose a la labor realizada durante la Conferencia, el Sr. G. W. C. Tait, Director de la División de Salud, Seguridad y Eliminación de Desechos Radiactivos del OIEA, declaró en la sesión de clausura que, sean cuales fueren los métodos de evacuación adoptados, es evidente que la consideración primordial ha de ser que no resulten peligrosos para el hombre, ni inmediatamente ni a largo plazo. También dijo: "A pesar de nuestras divergencias de opinión, todos estamos de acuerdo en un punto: tenemos que hacer de la era atómica una era sin riesgos". Todos los participantes estuvieron también de acuerdo en que debido a la gran diversidad -tanto cuantitativa como cualitativa- de desechos, no existe ningún método ni conjunto de métodos de evacuación que sea universalmente aplicable. El Sr. Tait añadió que la Conferencia había sido muy útil porque había permitido que los científicos comprendiesen la importancia de los diferentes problemas y de los resultados logrados por la investigación en materias distin-

tas de las de su especialidad. Hizo observar que las discrepancias de opinión eran en su mayor parte más aparentes que reales y que se explicaban menos por una divergencia de principios o concepciones fundamentales que por la dificultad de formular definiciones. En este aspecto, también fue posible precisar muchas cuestiones, y los participantes convinieron unánimemente en que en todos los métodos de evacuación de desechos deben tomarse en consideración las dosis máximas admisibles de irradiación aceptadas. El Sr. Tait declaró: "La radiactividad a la que se expone el hombre como consecuencia de las aplicaciones de la energía atómica con fines pacíficos es todavía insignificante; sin embargo, todos conocemos perfectamente las destrucciones que el hombre puede provocar, en detrimento propio y en el de su medio ambiente al emprender el camino de una revolución industrial. Nos encontramos en el umbral de una nueva era: la era atómica. El detenimiento y la profundidad con que hemos examinado el problema de la evacuación de desechos radiactivos demuestra que no olvidamos la lección y que estamos decididos a impedir que se repita lo ocurrido en el pasado."

Participaron en la Conferencia más de 300 expertos procedentes de 32 países y 11 organizaciones internacionales.

---

Exposición fotográfica organizada en Viena durante la tercera reunión de la Conferencia General del OIEA, para exponer los progresos logrados en materia de energía atómica por los Estados Miembros del Organismo

