

- 3) los problemas de los alcalinos y la interpretación de los resultados de la datación geocronológica en función de los alcalinos
- 4) la información disponible referente a la fecha de la reacción
- 5) las conclusiones relativas a la estabilidad y migración de otros elementos, entre ellos el Pu y, finalmente,
- 6) el debate giró en torno a los conocimientos provechosos que podrían adquirirse con respecto a los problemas actuales de evacuación de desechos.

Dentro del tema de la física de los reactores, se debatieron tres cuestiones:

- 1) el estudio de los mecanismos que hicieron posible el desencadenamiento, la continuación, el control y, finalmente, la terminación de las reacciones nucleares; en relación con este tema se examinaron las modificaciones causadas por las reacciones, el efecto de propagación, el papel de los venenos, el papel del agua y los efectos de la temperatura
- 2) la duración de las reacciones y las mediciones necesarias para determinarlas y las modificaciones de la intensidad de las reacciones durante ese período de tiempo
- 3) el posible valor de los estudios termohidrogeológicos y también el asunto de si la eventual repetición del fenómeno tendría carácter excepcional o podría predecirse.

## INVESTIGACION FUTURA

Se trató del futuro del lugar y de las medidas adoptadas para su conservación, y se convino en que debía ampliarse la labor de muestreo a fin de obtener materiales para la investigación futura.

Quedó bien patente el deseo de todos los participantes de que continúen las reuniones de expertos de esta naturaleza y se pidió que, de ser posible, el Organismo examinase la conveniencia de contribuir al patrocinio de los tres grupos de trabajo técnico especializado.

Se espera que el Organismo publique, antes de fin de 1975, las actas completas del simposio.



**SIMPOSIO INTERNACIONAL, OTANIEMI, 30 DE JUNIO—4 DE JULIO**

Al Simposio sobre los "Efectos radiológicos de los desechos descargados por instalaciones nucleares en medios acuáticos" asistieron unos 150 científicos y especialistas de 26 países y 4 organizaciones internacionales. Se presentaron 33 memorias en 10 sesiones.

---

# El medio acuático

*El rápido progreso tecnológico y los amplios beneficios sociales que ha originado ha ido acompañado por una multiplicación paralela de los problemas ecológicos y humanos. Esto ha obligado a evaluar las repercusiones de las nuevas tecnologías, en particular, de las industrias nucleares. Iniciamos ahora una era que será testigo de la rápida proliferación de las centrales nucleares en todo el mundo.*

*Mientras el hombre utilice la energía nuclear, la emisión de sustancias radiactivas al medio ambiente parece una consecuencia inevitable. Por tanto, se trata de limitar y controlar estas emisiones a fin de reducir a un grado aceptable los efectos perjudiciales sobre el hombre y su medio. Contamos ahora con tres decenios de experiencia acerca de los efectos de las sustancias radiactivas sobre el medio ambiente. Con objeto de pasar revista a esta experiencia y examinar los resultados de estudios recientes sobre las condiciones de seguridad de la descarga de desechos de las instalaciones nucleares en aguas dulces, estuarios y aguas del mar, se celebró en Otaniemi, cercanías de Helsinki (Finlandia), el Simposio internacional sobre los efectos radiológicos de los desechos descargados por instalaciones nucleares en medios acuáticos.*

## CONSIDERACIONES BASICAS

Para hacerse una idea de la situación en lo que se refiere a los efectos radiológicos es preciso considerar el comportamiento de los contaminantes radiactivos en los medios acuáticos y el sistema de aplicación de las medidas de protección radiológica. En su memoria, presentada por invitación, Preston (Reino Unido) expuso primero el concepto de dosis admisible, y su aplicación al análisis de las condiciones ambientales y de las vías críticas. La definición de las vías potencialmente críticas en las primeras etapas de la historia de una descarga permite el despliegue óptimo de los medios de vigilancia. Las actividades de vigilancia en el medio ambiente natural, a diferencia de la vigilancia de la exposición profesional en los lugares de trabajo, raras veces permiten la medición directa de la exposición a las radiaciones, y hay que recurrir a la evaluación indirecta basándose en las mediciones de la contaminación ambiental y en los datos obtenidos por medio de encuestas sobre las costumbres y por análisis de las vías críticas. Para ello se comparan los valores medidos con los límites deducidos de trabajo (LDT). El LDT es un cómodo y útil patrón de referencia para juzgar el significado de una medición o series de mediciones. El valor utilizado suele ser el límite máximo de la exposición o del ritmo de ingestión aplicable al individuo de que se trate, o el valor promedio aplicable al grupo crítico cuando éste sea identificable. En realidad es un límite de exposición máximo admisible que no debe alcanzarse nunca, pues según el principio del "nivel mínimo fácilmente conseguible", todas las descargas que se autoricen serán de magnitud menor que la necesaria para agotar la capacidad calculada del medio ambiente.

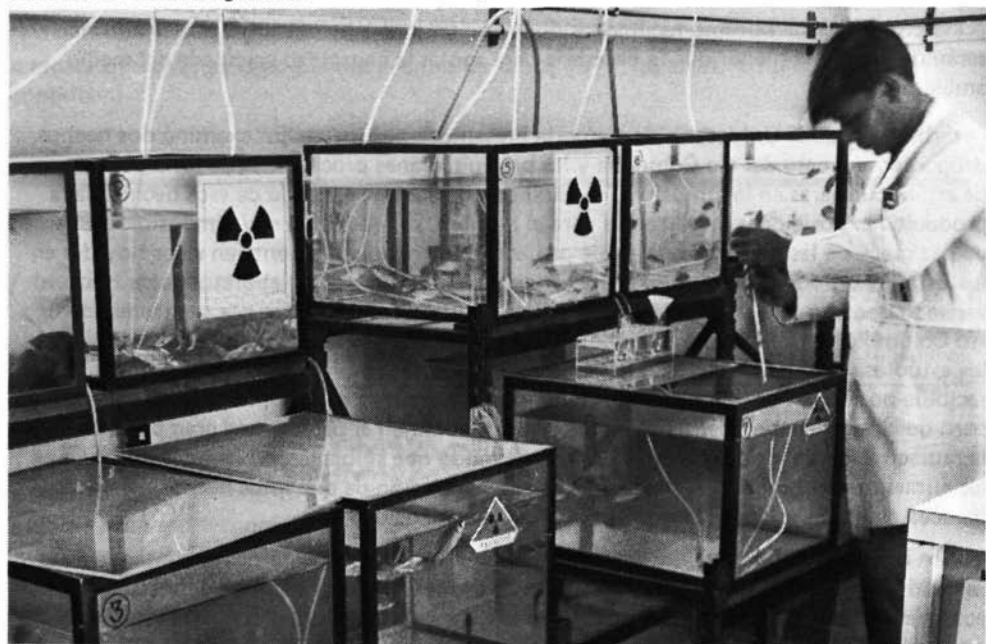
Osterberg (Estados Unidos) en su memoria presentada por invitación examinó dos hechos del pasado: el caso del río Columbia y las precipitaciones procedentes de los ensayos de armas nucleares en la atmósfera, declarando que aunque ninguno de esos hechos haya producido exposiciones importantes para el hombre, su repetición sería imposible en tiempo de paz gracias a las numerosas leyes de protección del medio ambiente en vigor hoy día en los Estados Unidos. Aunque en la época de máxima actividad los laboratorios de Hanford vertían alrededor de 1000 curios diarios de radionucleidos inducidos por neutrones en el río Columbia y en el Océano Pacífico, no se han observado efectos perjudiciales. Señaló que los estudios sobre las precipitaciones en escala mundial habían revelado que la dosis recibida por el hombre era más importante que la procedente de la energía nucleoelectrónica, pero que las cadenas alimentarias en los océanos eliminan al parecer una gran parte de la radiactividad de los productos de fisión, de modo que sólo aparecen valores mínimos en los alimentos del hombre. Osterberg llegó a la conclusión de que estos hechos del pasado parecen alentadores para el futuro de la energía nucleoelectrónica.

Varios participantes expresaron gran interés por el comportamiento de los contaminantes radiactivos y sus isótopos naturales estables en varios elementos componentes de los ecosistemas acuáticos. Examinaron este tema muy detalladamente, comparando los resultados obtenidos en diferentes laboratorios.



Como parte de un estudio para evaluar los efectos de las descargas térmicas sobre los peces de río se ha observado, con equipo detector apropiado, el movimiento de peces marcados con sonoemisores en el río Columbia, cerca de la fábrica de Hanford, en el sudeste del Estado de Washington (Estados Unidos de América). Foto: Pacific Northwest Laboratory

Acuarios del laboratorio de radioecología para efectuar experimentos con la biota acuática en el Centro Atómico de Ezeiza (Argentina).



Igualmente se prestó gran atención a los elementos transuránicos de largo período, tales como el plutonio.

Según los resultados de un estudio preliminar presentado por Hetherington (Reino Unido), una gran proporción del plutonio descargado en la zona nordoriental del mar de Irlanda desaparece muy rápidamente de la fase acuosa, pero el bajo porcentaje residual que permanece en el agua se comporta de modo análogo al  $^{137}\text{Cs}$ .

Thompson (Estados Unidos de América) manifestó que después de más de 20 años de trabajos en gran escala de fabricación y recuperación química del plutonio en la planta de Rocky Flats de ERDA (Estados Unidos), no se ha observado ningún riesgo ambiental debido a la dispersión de pequeñas cantidades de ese elemento.

Existió la impresión general de que los efectos eventuales se reducirían al mínimo debido a que el plutonio se liga fuertemente a los sedimentos del fondo y, por tanto, queda eliminado de la vía directa por la que podría llegar hasta el hombre. Sin embargo, hay algunos problemas que requieren atención, en particular el significado de la eventual removilización a partir de los sedimentos. Las principales incógnitas surgen probablemente en lo que se refiere a los procesos de mezcla en los océanos y a los fenómenos de sedimentación en mares someros y en océanos profundos. El Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina del OIEA (Mónaco), presentó dos memorias: "Estudios experimentales de la cinética del plutonio en la biota marina" por S.W. Fowler, M. Heyraud y T.M. Beasley, y "Características de adsorción-desorción del plutonio y del americio en las partículas sedimentarias de un estuario" por C.N. Murray y R. Fukai. En estos experimentos se utilizó el emisor gamma  $^{237}\text{Pu}$ , cuyo período de semidesintegración es sólo de unos 45 días, producido en el Japón y donado al Laboratorio de Mónaco.

## VIAS CRITICAS

A fin de evaluar la dosis comprometida para la población es extremadamente importante determinar las vías críticas. En lo referente a la evaluación de la exposición del público en general a las radiaciones por descargas de desechos radiactivos líquidos, Preston resumió en su memoria, presentada por invitación, la información más completa disponible de fuentes del Reino Unido.. La dosis comprometida individual procedente del sector acuático del medio ambiente sería el factor limitativo, y siempre que dicha dosis se ajuste a los límites fijados por la CIPR, la dosis total comprometida para la población será netamente inferior a los límites admisibles.

Es evidente que la reducción de la dosis comprometida bien para el individuo o bien para la población podría conseguirse gastando más en el tratamiento de desechos o eligiendo emplazamientos muy distantes para la reelaboración del combustible a fin de distribuir la carga ambiental más uniformemente. Habría que sopesar cuidadosamente el costo de un tratamiento más a fondo o de la construcción de nuevas instalaciones, frente a los beneficios que de ello se derivarían, o frente al costo que los riesgos relativos suponen para la sociedad. Además, habría que evaluar los riesgos inherentes al transporte de los materiales fisionables y los desechos radiactivos, resultantes de una proliferación excesiva de las instalaciones de reelaboración de combustible. Estas cuestiones deberán probablemente examinarse en el plano internacional para darles solución satisfactoria.

Durante la sesión consagrada al debate general, el Dr. Knizhnikov, del Instituto de Biofísica del Ministerio de Sanidad Pública (Moscú) hizo la siguiente declaración con respecto a la evaluación de los riesgos:

"Como las palabras "peligro", "peligro derivado de las descargas radiactivas" etc., se han repetido una y otra vez durante el simposio, deseo subrayar que su empleo demasiado frecuente puede dar al público una idea falsa de la realidad. Toda actividad humana entraña

ciertos peligros y riesgos, e incluso la misma inactividad es peligrosa. Un examen objetivo de la situación requiere estudios comparativos, pero yo diría que el riesgo de contraer un cáncer por una irradiación de 5 rem/año equivale al que se corre fumando varios cigarrillos diarios. Fumar un cigarrillo diario supone el mismo riesgo que una dosis límite de irradiación para cada individuo de la población. Una hora pasada en una habitación llena de humo, como por ejemplo ayer, durante la recepción ofrecida por el Gobierno, lleva consigo un riesgo equivalente al resultante de una dosis límite de irradiación para toda la población, pero creo poder decir que de ninguna manera nos negamos a asistir a estas recepciones. Actualmente, una central nuclear expone a una dosis y a un riesgo que es todavía varias decenas de veces menor, y sin embargo la opinión pública está alarmada. Creo necesario mucho más comedimiento cuando se habla de los riesgos resultantes de las descargas efectuadas por las centrales nucleares."

## RECURSOS MARINOS

El factor limitativo que interviene en la vigilancia y control de la evacuación de desechos radiactivos es la dosis comprometida para el hombre, lo cual lleva implícito que, siempre que esté controlado el problema de la exposición humana a las radiaciones, la dosis recibida por los organismos acuáticos causará un riesgo despreciable de daños biológicos.

La experiencia adquirida parece confirmar la opinión de que los peces son el elemento más radiosensible de los ecosistemas acuáticos y de que, si los recursos resultasen dañados, ello se debería muy probablemente a los efectos directos de las radiaciones sobre los peces y no a los efectos producidos en los organismos propios de eslabones más bajos de la cadena alimentaria. Los elementos más vulnerables en el ciclo biológico de los peces son, por su radiosensibilidad, los gametos en maduración y maduros y los embriones en desarrollo.

Si se consideran los mecanismos que regulan el mantenimiento de las poblaciones de peces explotadas, es evidente los que efectos causados por la exposición a bajas dosis de irradiación quedarán compensados por las variaciones de la población según su densidad. La mayoría de los animales acuáticos tienen una mortalidad natural muy alta y una fecundidad también muy alta. Desde el punto de vista genético, estos factores contribuyen de modo sustancial a la selección, es decir, a la eliminación rápida de las mutaciones perjudiciales que podrían tener efectos negativos en la calidad y magnitud de la población.

Blaylock (Estados Unidos de América) manifestó al final de su memoria sobre estimación de las tasas de dosis y predicción de los efectos de las radiaciones sobre la biota acuática lo que sigue:

"En conclusión, creemos poder pronosticar que los efectos somáticos o genéticos resultantes en la biota acuática de las tasas de dosis estimadas para la transformación, el enriquecimiento, la fabricación de combustible, los reactores de potencia, y las instalaciones de reelaboración, no tendrán repercusiones significativas sobre las poblaciones acuáticas expuestas. Las tasas de dosis estimadas para la biota acuática, resultantes de las operaciones de minería y trituración, son mucho más altas que las calculadas para otras instalaciones del ciclo de combustible nuclear. Se precisarían nuevos estudios a largo plazo de las poblaciones acuáticas expuestas a irradiación crónica en bajas dosis para juzgar plenamente los efectos de las dosis estimadas. De todas formas, incluso para esas tasas de dosis un tanto elevadas (plantas acuáticas, 3,3 rad/día, invertebrados 1 rad/día y peces 0,06 rad/día) deducidas de las informaciones hoy disponibles, los efectos de las radiaciones sobre las poblaciones acuáticas serían probablemente indetectables y las poblaciones continuarían sin efectos nocivos aparentes."

## EVACUACION EN MARES PROFUNDOS

Como el 70% de la superficie terrestre está cubierta por los océanos, la capacidad de éstos para recibir los desechos de las instalaciones nucleares puede considerarse mucho mayor que la de las aguas dulces, por lo que se ha propuesto que esta zona enorme se tome en consideración para la eventual evacuación de desechos radiactivos. La evacuación en el mar de desechos radioactivos embalados se practica en distintas condiciones desde hace casi 30 años y el OIEA está muy preocupado por los aspectos de seguridad.

Anderson y colaboradores (Estados Unidos) expusieron en el simposio las bases de la evacuación de desechos de alta actividad encapsulados y solidificados en fondos marinos profundos.

Las conclusiones de su memoria son las siguientes:

“Aunque la prudencia sigue siendo de rigor, hasta la fecha no hemos hallado ninguna razón técnica de peso para poner en duda la posibilidad de evacuar con éxito los desechos de alta actividad en los fondos marinos. Estamos ahora convencidos de que es posible hallar medios para evaluar las evacuaciones de este tipo de modo claro y racional y de que los problemas de ingeniería no son insolubles. Aunque no estamos todavía dispuestos a propugnar decididamente el comienzo de la evacuación de estos desechos en los fondos marinos, nos ratificamos en nuestra anterior conclusión de que hay regiones del fondo del mar estables y por lo demás “inútiles” que merecen un atento estudio con vistas a su empleo como lugares de evacuación, y de que es posible concebir y analizar oportunamente un sistema de evacuación de desechos nucleares en los fondos marinos.”

## OBSERVACIONES GENERALES

Durante la reunión se formularon también las siguientes observaciones generales:

- Deben promoverse los estudios necesarios para establecer relaciones entre los resultados de los experimentos realizados con modelos en laboratorio y los de las investigaciones efectuadas sobre el terreno en condiciones ambientales naturales; también deben estimularse los trabajos que den a conocer hechos reales o los trabajos sobre procesos que entrañen riesgos para el hombre.
- Debe trabajarse para conseguir hacer comparables los resultados obtenidos en distintos laboratorios de diferentes partes del mundo.
- Deben estimularse los estudios ambientales del plutonio y de otros elementos transuránicos de largo período y alta radiotoxicidad, de los que no existen isótopos estables en la naturaleza.
- Será indispensable la colaboración internacional entre matemáticos, físicos, químicos, oceanógrafos, radiólogos, etc. para resolver los complejos problemas de ecología y protección del medio ambiente.
- En vista de las importantes modificaciones de las fronteras nacionales durante los últimos 2000 años habría que someter a control internacional no sólo la evacuación en el mar sino también la evacuación en tierra firme a largo plazo dentro de las fronteras nacionales.
- Varios participantes manifestaron el deseo de que el emisor gamma  $^{237}\text{Pu}$ , cuyo período es corto (unos 45 días), se produzca en escala comercial a precios asequibles para su empleo en experimentos biológicos.

# NOTICIAS BREVES

## DE LA SEDE:

Del 22 al 26 de septiembre, se celebró en el Centro de Congresos de la Hofburg (Viena) la decimonovena reunión ordinaria de la Conferencia General. Asistieron representantes de 89 Estados Miembros, de las Naciones Unidas y de otros muchos órganos internacionales.

El Profesor Jan Felicki (Polonia) fue elegido Presidente de la Conferencia. El Profesor Felicki es Presidente de la Comisión Polaca de Energía Atómica desde 1973.

La Srta. G.P. Lim fue elegida Presidenta de la Comisión Plenaria. La Srta. Lim es Embajadora de Malasia en Austria y Yugoslavia y Representante Permanente de su país ante el OIEA.

Por recomendación de la Junta de Gobernadores, la Conferencia aprobó el ingreso en el Organismo de Qatar, los Emiratos Arabes Unidos y la República Unida de Tanzania. Cuando estos Estados hayan ultimado los procedimientos de ratificación el OIEA tendrá 109 Estados Miembros.

---

El Prof. J. Felicki dirigiéndose a la tribuna tras su elección como Presidente de la Conferencia.  
Foto: OIEA-Schikola

