

Al final del simposio se reunieron expertos seleccionados para formular recomendaciones relativas a las actividades necesarias para fomentar esta aplicación particular de las radiaciones ionizantes. A continuación se resumen las recomendaciones:

- a) Debe procurarse conocer las propiedades de la superficie de las partículas de residuos en suspensión, y su reacción con las especies radiolíticas.
- b) Cuando se destruyan por irradiación materias nocivas para la salud pública o para el medio ambiente, deben determinarse los productos finales y sus efectos contaminantes.
- c) Deben colmarse las lagunas de los conocimientos actuales sobre la radiorresistencia de las bacterias, virus y parásitos en su ambiente natural, especialmente por lo que se refiere a los efectos de la intensidad de la dosis. Se deben investigar las causas de la alta radiorresistencia que presentan algunos microbios existentes en la naturaleza.
- d) Debe elaborarse una descripción autorizada de los experimentos para uso de los químicos y microbiólogos que trabajen en el tratamiento de lodos y aguas residuales por irradiación.
- e) Deben estudiarse más a fondo los efectos sinérgicos de las radiaciones con los productos químicos (cloro, ozono, aire, etc.) y los fenómenos físicos (calor, vibración, etc.).
- f) Debe facilitarse el intercambio de información y de experiencias entre las plantas piloto que ya funcionan o que se pondrán en marcha en un futuro próximo.
- g) Los problemas de salud pública resultantes del empleo de lodos (y desechos sólidos) como abonos, acondicionadores de suelos o forrajes, deben ser examinados en cooperación por la FAO, la OMS y el OIEA.



## SIMPOSIO INTERNACIONAL, ESTOCOLMO, 2 A 5 DE JUNIO

A esta reunión sobre los "Efectos combinados de las descargas radiactivas, químicas y térmicas de la industria nuclear en el medio ambiente" asistieron 133 participantes de 24 países y representantes de 9 organizaciones internacionales.

---

# Efectos ambientales de la industria nuclear

Hace muchos años que se vienen estudiando detenidamente los efectos sobre el medio ambiente de las emisiones radiactivas de la industria nuclear, especialmente por lo que respecta a sus repercusiones sobre el ser humano. Últimamente, en vista de las previsiones sobre un rápido desarrollo de la energía nucleoelectrónica, también se han estudiado por separado las consecuencias ambientales de las emisiones térmicas de las centrales nucleares y de las emisiones químicas de la industria nuclear. En cambio, se ha prestado relativamente escasa atención a los posibles efectos sinérgicos y combinados resultantes de las interacciones de esas emisiones, y a su significación para el hombre y su ambiente.

En los últimos años buen número de países han mostrado mayor interés por el estudio de los efectos combinados, no sólo respecto de las emisiones a medios acuáticos, particularmente ríos y lagos, sino también de las emisiones a la atmósfera. Para crear una oportunidad de intercambiar información en esta esfera, el OIEA organizó, en cooperación

con la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, un simposio, celebrado en Estocolmo del 2 al 5 de junio, sobre los efectos combinados de las descargas radiactivas, químicas y térmicas de la industria nuclear en el medio ambiente.

Entre otros, se examinaron los temas siguientes:

- *Efectos de la temperatura sobre la absorción de radionucleidos por especies acuáticas;*
- *Efectos sinérgicos y combinados en los sistemas acuáticos;*
- *Efectos de las descargas químicas sobre la absorción de radionucleidos;*
- *Efectos sinérgicos y combinados de las descargas en la atmósfera.*

Una memoria introductoria pasó revista a los mecanismos de interacción, atendiendo especialmente a los efectos de las radiaciones sobre los sistemas biológicos y refiriéndose tanto a las sustancias que actúan como radioprotectoras como a las que actúan como radiosensibilizadoras. Se describieron estudios relativos a los efectos de la temperatura sobre la producción de daños radiológicos en los organismos, y también a los efectos sensibilizantes de ciertas sustancias químicas. El autor dedujo de estos estudios que esas sustancias y las subidas de la temperatura tienen un efecto multiplicador de la dosis, por un factor de 2 or 3 como máximo, y que, en casi todos los casos, los procesos de reparación y recuperación de las lesiones radiológicas son dificultados por los radiosensibilizadores y los aumentos de temperatura.

Varias memorias describieron los efectos de la temperatura sobre la absorción de radionucleidos por especies acuáticas. Un autor examinó los efectos de los efluentes calientes sobre la bioacumulación de radionucleidos, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura sobre el ritmo de consumo de alimentos. Los efectos de las descargas térmicas sobre la absorción de radionucleidos del cesio, cobalto, yodo y cinc fueron estudiados exponiendo poblaciones de moluscos bivalvos en un canal de descarga de 1 km de longitud. Otra memoria describió el efecto de la temperatura sobre la absorción de cobalto-60 y cinc-65 directamente del agua del mar por el camarón común. Quedó demostrado que el aumento de la temperatura da lugar a una velocidad superior de absorción de los radionucleidos, y a un período biológico más corto.

Otro autor examinó los efectos combinados del calor y los productos químicos en ciertos ecosistemas, considerando este problema en relación con el emplazamiento de centrales nucleares. En su memoria expuso tres ejemplos de estudios sobre los aspectos físicos y ecológicos de determinadas localidades, así como sobre las interacciones de las emisiones térmicas con el ecosistema de cada localidad. En los tres ejemplos se trataba de casos en que el agua de refrigeración descargada en zonas de aguas contaminadas había originado efectos nocivos.

En cuanto a los efectos combinados de las emisiones a la atmósfera, un autor describió los efectos sinérgicos de la descarga atmosférica de gases radiactivos y de  $\text{SO}_2$ , que indujeron fenómenos de nucleación. Se habían realizado extensos experimentos para estudiar el efecto de las dosis de radiaciones ionizantes sobre la formación de partículas en una atmósfera que contenía pequeñas cantidades de anhídrido sulfuroso. Se describieron los mecanismos de formación de los núcleos, así como los posibles efectos en la atmósfera de un aumento de la proporción de aerosoles. También se discutieron las interacciones entre el penacho de humo de la chimenea de un reactor y el penacho de las torres de enfriamiento, así como los efectos aerodinámicos de dichas torres sobre la dispersión de los efluentes expulsados por la chimenea del reactor. Una tercera memoria trató de la relación costo-eficacia en los medios para impedir las descargas de tritio y criptón-85. El autor presentó datos que indican que las concentraciones previstas de criptón-85 quizás planteen, desde el punto de vista de la salud, un problema más grave que las de tritio, aunque en el pasado se ha dedicado mucho más trabajo al estudio del tritio. Sugirió que, si se hiciera un análisis

de los beneficios en función de los costos, la asignación de prioridades sería probablemente más racional.

La sesión final del simposio fue dedicada a un debate de expertos que estuvo muy concurrido, para el que los participantes habían presentado durante la reunión más de veinte preguntas por escrito. El tema del debate fue la significación de los efectos sinérgicos y combinados para el desarrollo futuro de los programas nucleoelectrónicos, y la necesidad de nuevos estudios en este terreno. En general se llegó a la conclusión de que los estudios efectuados hasta ahora sobre los efectos sinérgicos y combinados indicaban que, en este aspecto, las consecuencias de los programas nucleoelectrónicos no constituirán una amenaza grave para el medio ambiente. Sin embargo, también se advirtió que era preciso continuar las investigaciones de los efectos sinérgicos y combinados con el fin de conseguir más pruebas en este terreno.



INFORME ACERCA DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE  
EL FENOMENO DE OKLO, LIBREVILLE (GABON), JUNIO DE 1975  
A la reunión asistieron 73 participantes de 19 países

## El fenómeno de Oklo

*Del 23 al 27 de junio del presente año tuvo lugar en Gabón, Africa Occidental, una conferencia científica sobre el fenómeno de Oklo. La conferencia fue organizada conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica, las autoridades gabonesas y la Comisión Francesa de Energía Atómica. El fenómeno de Oklo, que debe su nombre a una mina de uranio existente en Gabón, reviste considerable interés para los geólogos, especialistas en geoquímica isotópica y físicos de reactores. En efecto, se ha descubierto que, hace unos 1800 millones de años, estuvieron produciéndose reacciones nucleares, durante un período de por lo menos cien mil años, en este rico yacimiento uranífero.*

### DESCUBRIMIENTO DEL REACTOR NUCLEAR FOSIL

En septiembre de 1972, los científicos de todo el mundo se enteraron de un descubrimiento realizado por investigadores de la Comisión Francesa de Energía Atómica: la prueba de que en una época muy remota se produjeron reacciones en cadena de fisión en el yacimiento uranífero de Oklo (Gabón). El lugar de las reacciones estaba formado por varios criaderos de mineral uranífero muy rico. En conjunto, intervinieron en las reacciones más de 500 toneladas de uranio, y la cantidad de energía liberada se aproximó a  $100 \times 10^9$  kWh. En determinados puntos, el flujo neutrónico integrado excedió de  $1,5 \times 10^{21}$  n/cm<sup>2</sup>, habiéndose encontrado muestras en las que la concentración del isótopo <sup>235</sup>U era sólo de 0,29% (frente a 0,72% en el uranio natural). Los mecanismos de control de las reacciones nucleares que permitieron se alcanzasen valores tan elevados tuvieron que ser excepcionales en grado sumo.

El estado de conservación de las reacciones nucleares fósiles es muy bueno; el uranio ha conservado su configuración original tan fielmente que es posible interpretar según la física neutrónica la distribución de las intensidades de reacción en las formaciones. En realidad, se puede estudiar todo un episodio de la historia geológica, gracias a los numerosos "trazadores" nacidos de las reacciones nucleares, desde el depósito de concentraciones de uranio sumamente altas, hace unos 1800 millones de años, hasta las alteraciones recientes.