



RESUMEN DE UN SEMINARIO DIDACTICO CELEBRADO EN KARLSRUHE DEL 14 AL 18 DE ABRIL

Al Seminario sobre "Las aplicaciones del californio-252 en la enseñanza y en la investigación" asistieron 32 participantes y dos observadores de 23 países. En las sesiones del Seminario y de los grupos de estudio se presentaron 24 memorias.

El californio-252

Esta reunión era la tercera fase de un proyecto iniciado en 1973 por la Sección de Dosimetría del OIEA. La primera etapa tuvo lugar a principios de 1973 y consistió en el desarrollo de un programa para prestar fuentes de Cf-252 a los Estados Miembros en apoyo de su labor de enseñanza y capacitación y también, aunque en grado limitado, de investigación. Hasta la fecha han participado en este programa 14 instituciones de 13 Estados Miembros.

En agosto del año pasado, el Organismo publicó un programa de enseñanza y manual de laboratorio preparado por el Profesor Eric J. Hall y el Profesor Harald H. Rossi de la Universidad de Columbia ("Californium-252 in Teaching and Research", N° 159 de la Colección de Informes Técnicos). Esta publicación, con su guía para diseñar y construir una instalación de empleo y almacenamiento de dicho elemento, fue la segunda fase de este programa de ayuda a los usuarios en las esferas de la biología y la dosimetría de las radiaciones.

El objetivo de la tercera fase del programa — la convocación de un Seminario didáctico — era reunir a los participantes en el programa de préstamos del Organismo y a expertos en diversas esferas científicas; más específicamente, el Seminario consistió en una serie de explicaciones de los expertos sobre cuestiones de espectrometría, análisis por activación y por rayos gamma inmediatos, análisis sobre la marcha, dosimetría, higiene radiofísica, radiología y radioterapia.

USOS Y PROPIEDADES FISICAS

Un rasgo esencial de las mediciones y dosimetría de la sección eficaz es la apreciación exacta del espectro de la densidad del flujo energético de neutrones. Se discutió sobre el espectro neutrónico de la fisión del Cf-252 y sobre el uso de fuentes de Cf-252 para examinar las secciones eficaces neutrónicas por medio de mediciones del espectro neutrónico. Los resultados señalan que en algunas secciones eficaces pueden detectarse errores, que son considerablemente menores que la precisión de las determinaciones directas de la sección eficaz.

Uno de los usos principales que se estudian es el empleo de fuentes de Cf-252 en los procesos industriales de fabricación mediante el análisis por activación neutrónica durante el proceso. Se presentó un informe sobre una investigación piloto durante la elaboración de minerales, a base de un circuito de irradiación que exponía constantemente líquidos a una fuente de un mg de Cf-252. Se desarrollaron diversas estrategias de fluencia en relación con cierto número de estudios del control de la elaboración y se citó también un ejemplo específico de análisis de vanadio contenido en crudos del petróleo.

Hubo también una discusión de carácter más general sobre el análisis por activación neutrónica, en la cual se examinaron factores tales como la geometría, el blindaje y la ingeniería de las instalaciones. En el National Bureau of Standards de Washington se viene empleando un complejo bastante grande de irradiación, que utiliza una serie de fuentes

dispuestas concéntricamente en torno al blanco; en las instalaciones de NBS se han examinado también algunos problemas prácticos como el radiosondeo, el análisis de plomo en pinturas domésticas y otros usos sobre el terreno.

DOSIMETRIA Y PROTECCION RADIOLOGICA

Hubo una serie de charlas sobre dosimetría al aire libre y dosimetría con maniquí, así como también sobre instrumental dosimétrico. El estudio comenzó con un debate en torno a los principios generales y teóricos para catalogar las variables dependientes e independientes conexas con las mediciones y los análisis dosimétricos, los parámetros experimentales críticos y las técnicas fundamentales correspondientes.

Para la dosimetría es preciso conocer numerosas cantidades y unidades: actividad de la fuente, mediciones sobre el terreno — por ejemplo, la densidad de flujo energético — y cantidades de fluencia e interacción, como, por ejemplo, la dosis absorbida y el kerma, etc. Muchos problemas de cálculo e instrumentación están relacionados con una caracterización precisa de una fuente de campo mixto. La esfera de radiación de una fuente de Cf-252 en la atmósfera se expresa en conceptos de kerma, dosis absorbida y equivalente de dosis con respecto a las mediciones dosimétricas con fines de protección radiológica. Las mediciones de fluencia y de dosis se vienen realizando mediante activación, detectores de umbral y medidores muy sensibles de la intensidad de la dosis, que se hallan situados en torno a las instalaciones en que se manipulan radionucleidos. Para la vigilancia del personal se han desarrollado detectores de trazas y detectores de neutrones mediante albedo, sobre los cuales se discutió minuciosamente.

Los problemas conexos de la dosimetría con maniquí son más críticos por necesitarse gran precisión y exactitud. Generalmente se prefieren las mediciones de ionización, porque se supone que poseen mayor precisión y exactitud que las demás técnicas. No obstante, la complejidad de los métodos de ionización juntamente con las limitaciones geométricas que entrañan han impulsado a elaborar otras tecnologías como por ejemplo la de trazadores, la dosimetría termoluminescente y los modelos de cálculo.

Se hizo hincapié en la protección radiológica durante la manipulación de fuentes neutrónicas de fisión, reflejando la creciente preocupación por los riesgos que crean tales nucleidos. Desde que se usan fuentes neutrónicas en estudios de radioterapia, ha habido que modificar los procedimientos normales de protección y vigilancia. Se estudiaron los problemas del almacenamiento, preparación de fuentes, transporte, aplicación de fuentes a pacientes y otros temas afines, prestándose especial atención a las mediciones y cálculos del blindaje.

RADIOBIOLOGIA Y APLICACIONES MEDICAS

La radiobiología del Cf-252 ha suscitado interés en los últimos años, porque se dispone ya de fuentes de braquiterapia para realizar estudios de radioterapia clínica. Se presentó un análisis de la eficacia biológica relativa del Cf-252, haciéndose especial hincapié en la interdependencia que existe entre la curva de supervivencia, la dosis total, la intensidad de la dosis y el tipo de sistema biológico.

Esta aparente discrepancia entre los valores publicados sobre la eficacia biológica relativa (RBE) se puede explicar como resultado de la poderosa interacción que existe entre la intensidad de la dosis y la reparación del daño subletal. Cuando la intensidad de la dosis de radiación corriente es elevada, se reduce la reparación subletal, disminuyendo así de manera efectiva la eficacia biológica relativa (RBE) referente a la exposición neutrónica.

Es también importante el efecto de oxígeno. La existencia de células poco oxigenadas resistentes a las radiaciones en el interior de tumores sólidos se menciona también como razón fundamental para el empleo de fuentes neutrónicas. Estas fuentes poseen un índice



El personal médico emplea blindajes protectores cuando se usa el californio-252. Foto: Dr. Basil Hilaris; Memorial Hospital de Nueva York.

menor de enriquecimiento de oxígeno que las radiaciones corrientes, y se espera por tanto que sean más eficaces. De nuevo hay que comprender la dependencia que el índice de enriquecimiento de oxígeno tiene con respecto a la dosis total, a la intensidad de la dosis y a otros factores modificativos.

En el caso clínico, los puntos de vista teóricos están sujetos a modificaciones de numerosos factores médicos. En primer lugar, hay que fomentar el empleo de un régimen experimental, imponiendo argumentos clínicos cuando sea pobre la perspectiva de los tratamientos normales. Esto restringe en gran manera el alcance de cualquier estudio. Juntamente con las severas restricciones en materia de protección radiológica que se requieren para la manipulación de fuentes de Cf-252, los ensayos se han llevado a cabo con precauciones que son innecesarias en las implantaciones con radio o iridio.

Para los ensayos clínicos con Cf-252 se ha elaborado una técnica basada en la que se emplea en Oxford para implantar hilos de iridio-192: el procedimiento consiste en introducir las fuentes en tubos de plástico implantados quirúrgicamente. Desde mediados de 1972 hasta el momento presente solo se ha tratado a 21 pacientes, lo que no permite establecer comparaciones válidas con otros sistemas.

PROGRAMA DIDACTICO Y DE INVESTIGACION

Se esbozó una amplia gama de programas didácticos y de investigación, incluyendo:

- En virtud de dos acuerdos de préstamo concertados entre el OIEA y el Centro Bahbha de Investigaciones Atómicas de Bombay se han facilitado fuentes radiactivas para la

enseñanza y la investigación. La labor comprende estudios sobre dosimetría química, de película, termoluminescente y de ionización, análisis por activación, análisis de umbral, y espectroscopia neutrónica.

- Después de la construcción de un prototipo de contenedor se prestaron fuentes e instrumental a la Comisión de Energía Atómica de Ghana. El programa de Ghana hace hincapié en la dosimetría a base de técnicas de ionización dual y activación de hoja.
- Un programa avanzado didáctico y de investigación, que se desarrolla en el Instituto Nacional de Ciencias Radiológicas del Japón, emplea estudios nucleares, mediciones con contadores proporcionales e investigaciones radiobiológicas.
- Se estudió la investigación que está llevándose a cabo en el Hospital Groote Schuur y en la Universidad de la Ciudad del Cabo, que emplean fuentes suministradas por el OIEA. Se describieron las investigaciones efectuadas en un maniquí de tejido, utilizándose un detector de centelleo y empleándose discriminación de impulsos para separar los componentes neutrónicos y los componentes gamma de la dosis. Asimismo se están llevando a cabo estudios sobre la eficacia biológica relativa y el índice de enriquecimiento de oxígeno.
- Se resumió una serie de experimentos para estudiantes, que se realizan en la Universidad de Neuchâtel. Una cámara de niebla por difusión alcohol – aire, un detector de centelleo líquido y una emulsión nuclear constituían los principales instrumentos para el programa de experimentos.
- Se presentaron dos memorias que estudiaban el uso de Cf-252 en la enseñanza de la radioquímica, y se describió una instalación de bajo coste para iniciar a los estudiantes en las prácticas de análisis por activación neutrónica, desintegración radiactiva y saturación.
- Una sesión del Seminario estuvo dedicada a las memorias sobre los recientes adelantos de la investigación. Se describieron unos estudios preliminares relacionados con el desarrollo de técnicas de transporte a base de corriente de helio aplicadas a una fuente de Cf-252 a la temperatura del aire líquido, así como una instalación de activación que se halla en la Universidad de Kossuth (Hungría) y puede alojar hasta 50 mg de Cf-252. Se discutió también sobre mediciones de la sección eficaz, la identificación del titanio en la bauxita y el empleo de detectores de trazas.

CONCLUSIONES

Se aceptó en general que las fuentes pequeñas de Cf-252 constituían un buen instrumento didáctico. La alta actividad específica de estas fuentes de fisión, junto con sus niveles relativamente bajos de contaminación gamma, si se las compara con otras fuentes compuestas, dan al Cf-252 una clara ventaja sobre otros tipos de generadores de neutrones. Como notas favorables se mencionaron el coste de adquisición relativamente bajo, la fácil manipulación, el embalaje sencillo y un espectro bien definido.

En la industria parece ser interesante el empleo del Cf-252 en análisis durante los procesos y en radiografía, y muchos laboratorios nacionales han creado programas de desarrollo para usarlo en el control de la calidad durante los procesos industriales.

Las aplicaciones médicas son por ahora limitadas, debido a la necesidad de enfocar con moderación los proyectos de estudios clínicos. La necesidad de evitar los riesgos que supone para la salud el hallarse expuesto a la actividad neutrónica y el número relativamente limitado de tumores que pueden seleccionarse para este tratamiento, indican que hay que esperar todavía bastante antes de poder evaluar las aplicaciones médicas del Cf-252 en braquiterapia.