



SIMPOSIO INTERNACIONAL CELEBRADO EN SAN FRANCISCO DEL 17 AL 21 DE NOVIEMBRE DE 1975

Este simposio fue reunido conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Administración de los Estados Unidos para la Investigación y el Desarrollo en Materia de Energía. Asistieron 290 científicos y especialistas de 12 países y 4 organizaciones internacionales.

Nucleidos transuránicos en el medio ambiente

El desarrollo previsto de la energía nucleoelectrica hasta el año 2000 supone un considerable aumento del número de reactores de potencia, de plantas de reelaboración del combustible irradiado y de otras diversas instalaciones auxiliares pertenecientes al ciclo del combustible nuclear. Durante este período se producirán cantidades considerables de elementos transuránicos, particularmente de plutonio, como subproductos del proceso de fisión y para su empleo como combustible en los actuales y futuros reactores de potencia; dichos elementos tendrán también otras aplicaciones pacíficas. El interés creciente en todo el mundo por estas cuestiones y el lógico deseo de proteger al hombre y al medio ambiente suscitan en los sectores públicos, científicos y gubernamentales una preocupación cada vez mayor ante la emisión de tales radionucleidos al medio ambiente. A pesar de que, gracias al control ejercido, las cantidades de dichos nucleidos que emiten las actuales instalaciones nucleares son muy reducidas, es esencial, en vista de sus largos períodos radiactivos y de sus elevadas radiotoxicidades relativas, conocer el destino final de estos radionucleidos en el medio ambiente con suficiente exactitud para poder juzgar sus posibles efectos y adoptar, en consecuencia, medidas preventivas eficaces.

Desde hace ya muchos años, se vienen realizando extensos estudios para investigar la distribución y comportamiento de esos elementos y los daños que pueden resultar de su emisión al medio ambiente. En fecha más reciente, los científicos han comenzado a hacer previsiones para evaluar el grado de control necesario si tales sustancias han de entrar en el complejo circuito de actividades industriales relacionadas con la producción de energía nucleoelectrica.

Estudios ecológicos sobre la eliminación de los nucleidos transuránicos

Muchas memorias tuvieron por tema los estudios ecológicos sobre los mecanismos — físicos químicos o biológicos — relacionados con la eliminación de los nucleidos transuránicos, para que no tengan acceso al hombre, por depósito y migración descendente en el suelo, en limos o en sedimentos. Varias memorias estudiaron la distribución de los elementos transuránicos en el agua, la biota marina y los sedimentos. Se consideró en particular la absorción de dichos elementos por la biota, concretamente, en un caso, por los organismos bentónicos.

Se examinó, como modalidad predominante de eliminación, el depósito de los nucleidos en sedimentos a partir de aguas limosas, siendo el movimiento del limo el principal mecanismo causante del desplazamiento de los nucleidos. En cuanto al destino final de las

Las emisiones de nucleidos transuránicos a partir de las instalaciones nucleares pueden controlarse de forma que sean muy reducidas. En torno a tales instalaciones son muy frecuentes las actividades de vigilancia para detectar la presencia de contaminantes en la atmósfera, las aguas o la superficie del terreno. En la foto se procede al muestreo del aire en Oak Ridge, Estados Unidos de América.

Foto: Union Carbide Corporation



sustancias radiactivas descargadas en el mar, en una memoria se señaló que éstas permanecen principalmente en los sedimentos y el agua del mar, y que la fracción de radiactividad incorporada a los organismos marinos es muy pequeña, si bien se produce un aumento apreciable de la concentración.

Otra memoria señaló que, en opinión de su autor, los mecanismos de erosión y redifusión de los sedimentos actuaban incluso en océanos muy profundos y dio por supuesto que el americio (Am) y el plutonio (Pu), en virtud de tales procesos de realimentación, volvían a pasar a la superficie de los sedimentos y, por tanto, a las aguas suprayacentes.

Se estudiaron también el comportamiento y características de los nucleidos transuránicos — sobre todo del plutonio — en el suelo. Por regla general, el plutonio, el americio y otros transuránicos, con el tiempo, van descendiendo por el suelo arrastrados por las aguas, dependiendo el perfil de descenso de una serie de factores (en particular, la topografía, el tipo y la composición química del suelo, el estado físico y químico de los nucleidos transuránicos con el transcurso del tiempo, la hidrología de la localidad, etc.) que se examinaron a fondo. Varios autores señalaron otros mecanismos de transporte, como la acción del viento, la absorción por plantas, consumidas a su vez por animales que depositan en otros lugares los productos ingeridos, y la contaminación de la piel de los pequeños animales de vida subterránea.

Vías de acceso al hombre

Referente al tema de las vías de acceso al hombre, se presentó un grupo de memorias que suscitaron amplios debates sobre tales vías y sobre los modelos de transporte y de estimación de dosis. Se presentaron cuatro memorias dedicadas cada una exclusivamente a una vía concreta de acceso. La primera, haciendo observar el comportamiento "coloidal" del Pu, sugirió que la floculación y la filtración podrían ser los medios más indicados para eliminarlo en las instalaciones de tratamiento de agua (potable). En otra memoria, referente a la vía pienso-gallina-hombre, se indicó que las gallinas que ingieren ^{238}Pu en forma de dióxido, relativamente insoluble, absorben un porcentaje muy reducido del mismo que, en los huevos o en la carne, parece entrañar poco riesgo para el hombre. Un tercer estudio versó sobre la resuspensión previsible del Pu y la dosis resultante de la explotación agrícola de un campo que contenía Pu debido a las emisiones de una instalación de reelaboración y a las precipitaciones. La dosis comprometida que se calculó había recibido el tractorista fue inferior al 1% de la dosis resultante de la radiactividad de fondo natural. De manera parecida, en otra memoria referente a la cadena alimentaria líquen-reno-hombre en Suecia, se afirmó que no se creía que los lapones tuviesen a causa del plutonio una dosis comprometida más alta que otras personas, y que los alimentos distintos de la carne de reno y quizá también la inhalación constituían posiblemente, entre los lapones, causas más importantes de absorción de Pu.

Una de las principales preocupaciones en la actualidad es determinar los efectos sobre la salud y los riesgos que puede entrañar en el futuro la exposición a los elementos transuránicos, a fin de establecer las debidas normas y recomendaciones de seguridad. Se llegó a la conclusión de que, en base al análisis estadístico de los datos disponibles sobre seres humanos, hay escasas pruebas de un aumento pronunciado de la toxicidad del plutonio en el pulmón debido al efecto de "partícula caliente"; además, algunas estimaciones publicadas sobre el "riesgo por partícula" parecen exageradas, pues suponen un valor excesivo por lo menos en un factor de mil. La exposición total que representan los datos disponibles sobre seres humanos no es todavía suficiente para refrendar, desde un punto de vista estadístico, el valor de $0,016\mu\text{Ci}$ como carga máxima admisible en el pulmón. No obstante, este valor, por su carácter de "estimación más aproximada", posiblemente no exceda del correcto más de 15 veces, o más de 40 veces si se toma un límite superior de confianza del 95%. En otra

memoria, estrechamente relacionada con la anterior, se examinaron estas mismas cuestiones dudosas, basándose en datos sobre los efectos de la inhalación de elementos transuránicos por animales, y en datos sobre el cáncer del pulmón en seres humanos expuestos a fuentes de radiación distintas de los elementos transuránicos. Los datos relativos a los animales sugieren que el riesgo inherente a una exposición media, durante la vida de trabajo, de 15 rems anuales en los pulmones, procedentes de elementos transuránicos, es quizás cinco veces superior al riesgo resultante de una exposición del cuerpo entero a 5 rems anuales; en cambio, los datos sobre seres humanos sugieren que el riesgo podría ser menor. Se hizo notar que las estimaciones de riesgos basadas directamente en experimentos que suponen la inhalación de partículas transuránicas eluden la cuestión de las "partículas calientes".

En otra memoria se estudió la distribución en el cuerpo de las dosis comprometidas de irradiación a que puede dar lugar el depósito en los pulmones de Pu, Am y Cm, indicándose, para varios tamaños de partículas, la cantidad calculada que, absorbida por inhalación, origina un riesgo de cáncer equivalente al que supone la irradiación del cuerpo entero.

Otro tema de vivo interés es la comparación de los riesgos admisibles para la salud en el caso del ^{239}Pu , ^{241}Am y ^{244}Cm y en el de la exposición a las radiaciones penetrantes por razones profesionales. Basándose en un modelo de predicción de riesgos absolutos y aplicando ciertos factores deducidos de distribución en los órganos y de riesgo, se estimó que el incremento de mortalidad por cáncer debido a estos elementos transuránicos, suponiendo *cargas corporales máximas ajustadas a los límites fijados para los órganos críticos por el Comité II de la CIPR*, sería mayor (de una a cuatro veces aproximadamente) que en el caso de exposición externa del cuerpo entero a radiaciones penetrantes en dosis ajustadas a los actuales límites para la irradiación por motivos profesionales. Sin embargo, en comparación con el incremento de mortalidad por cáncer debido al ^{226}Ra en condiciones parecidas, se consideró que el incremento debido a estos elementos transuránicos es de 8 a 20 veces superior. En vista del incremento estimado de la mortalidad por cáncer y advirtiendo que solo habían considerado los órganos principales en peligro, los autores pidieron que no se demore la reconsideración de las cargas corporales admisibles en el caso de los elementos transuránicos.

Debate de un grupo de expertos

Un grupo de expertos, continuando el estudio de este tema general, celebró un coloquio sobre las consecuencias del plutonio para el hombre y su medio ambiente. Un experto, examinando la cuestión de la toxicidad del plutonio, afirmó que había buenas razones para extrapolar al hombre los datos, obtenidos con animales, sobre la toxicidad de los transuránicos en los huesos, y que los actuales límites admisibles de exposición, en el caso del plutonio incorporado al esqueleto, parecían más elevados (de 5 a 10 veces) que los límites de exposición al radio. El límite fijado para el pulmón podría resultar todavía más discordante. En lo que respecta a la extrapolación de las estimaciones de riesgos desde el orden de las decenas de rads hasta el de los milirads o microrads, si bien las extrapolaciones lineales tienen, casi con seguridad, carácter netamente moderado, los efectos, para esos niveles tan bajos de exposición, pueden ser incluso nulos; en todo caso, los efectos tardíos, de producirse, nunca serán atribuibles específicamente a los elementos transuránicos con exclusión de los demás contaminantes carcinógenos. Otro experto, comentando el problema de las "partículas calientes", afirmó que, en su opinión, la mayoría de los investigadores solventes y personas afines que han estudiado el problema creen que el plutonio en forma de partículas no es más peligroso que la misma cantidad de dicho elemento distribuida uniformemente en el pulmón; es más, los datos sugieren que el riesgo potencial aumenta a medida que la dispersión en dicho órgano se hace más uniforme. Otros expertos pasaron revista a las diversas opiniones sobre las normas referentes al plutonio que se sostienen en

el Reino Unido, Francia y en los Estados Unidos de América. Todos pidieron que se procediera con prudencia al examinar la posible necesidad de modificar las normas actuales y subrayaron la necesidad de una atenta observación prolongada de los casos de exposición así como de un nuevo examen de las bases admitidas para deducir los actuales límites.

Examen de las mediciones en el medio ambiente

La sesión final del simposio estuvo dedicada al examen de las mediciones en el medio ambiente. Un autor, al estudiar la importancia radiológica de los radioisótopos transuránicos que se dispersarán probablemente en el medio ambiente como consecuencia del ciclo del combustible para reactores reproductores rápidos de metal líquido, opinó que las eventuales consecuencias resultantes para la salud de las generaciones presentes y futuras serían muy leves en comparación con los riesgos inherentes a la producción de energía a base de combustibles fósiles. Sin embargo, se hizo notar que tal estimación adolecía de imprecisiones debidas a la falta de conocimientos, algunas de las cuales no podrán subsanarse de manera significativa en tanto no se hayan construido y puesto en funcionamiento los reactores de dicho tipo (LMFBR). En una memoria sobre temas afines, los autores presentaron un modelo para la simulación del medio ambiente, incluido el hombre, adaptado para estudiar los riesgos inherentes a las emisiones radiactivas de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, y concebido inicialmente para el estudio de las emisiones de elementos transuránicos procedentes del ciclo del combustible de los LMFBR. En general, no se cree que la descarga normal prevista, a saber, 0,36 mCi de radionucleidos transuránicos emisores alfa por reactor de potencia de 1000 MWe al año, tendría efectos detectables sobre la salud de la población expuesta en los Estados Unidos de América.

Conclusiones

El simposio puso de manifiesto que las actuales normas y procedimientos de seguridad en relación con los nucleidos transuránicos siguen considerándose adecuadas y que los valores numéricos de tales normas son, probablemente, correctos con un margen aproximado de un orden de magnitud. Asimismo, se vio claramente que los extensos estudios ecológicos realizados durante los pasados decenios no han servido más que para esbozar las líneas generales de los intrincados y complejos procesos ecológicos por los que los nucleidos transuránicos del medio ambiente pueden tener mayor o menor acceso al hombre, durante su extenso período de presencia radiactiva. En lo que respecta a la evaluación de los riesgos que esos nucleidos suponen para el hombre, los datos obtenidos con animales serán probablemente el principal instrumento utilizable, pues los datos sobre seres humanos son escasos y es de suponer que seguirán siéndolo. El simposio puso de relieve la necesidad de ampliar y perfeccionar la labor de evaluación de los sistemas ecológicos, así como de depurar los datos sobre seres humanos y animales y analizar su sensibilidad para un mejor conocimiento de la relación dosis/efecto de los nucleidos transuránicos en el hombre y en el medio ambiente.