

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



✓ *Medida de **DOSIS** en el rango de **MICRO GRAY***

✓ ***RADIOBIOLOGÍA:**
Radiosensibilidad en cultivos celulares*

✓ ***RADIOECOLOGÍA** de **TRANSURÁNIDOS** en el Mediterráneo español*

✓ ***OPTIMIZACIÓN** de la protección radiológica*

1994 • Nº 1

DISEÑO, SUMINISTRO Y MANTENIMIENTO A SU SERVICIO

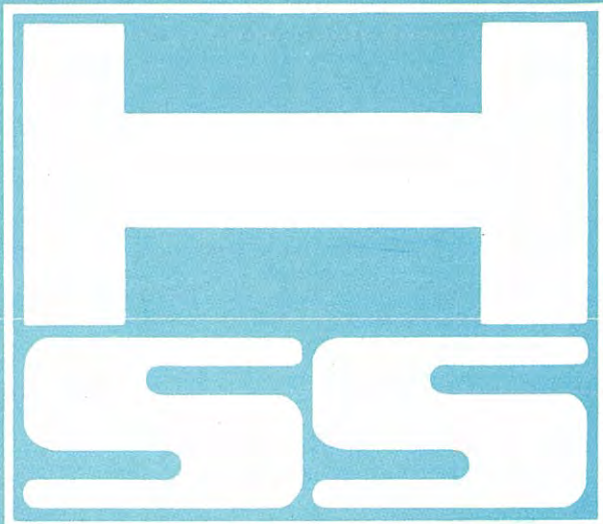
HELGESON SCIENTIFIC SERVICES, desde su fundación en 1959, es pionera y líder en sistemas para la medición de contaminación interna. Su sede central está ubicada en California y dispone de múltiples delegaciones en todo el mundo, siendo su oficina en Madrid la cabeza para Europa.

HELGESON tiene instalados equipos de medida en todo tipo de centrales, laboratorios, universidades, hospitales, etc., tanto sistemas estándar como instalaciones "a medida", según las necesidades del cliente.

Por su experiencia y amplia infraestructura de servicio, HELGESON es una empresa merecedora de su total confianza para el equipamiento de sus instalaciones.



HELGESON S. S.



San Alfonso, 19 (Fortuna). 28917 MADRID.
Tels. (91) 611 72 14 - Fax (91) 611 72 53.



eberline



LUDLUM MEASUREMENTS, INC.



ISOTOPE PROD. LABORATORIES

union



NUCLEAR RESEARCH CORPORATION



RADIOL-CHEMICAL TECHNOLOGY



HUMANOID SYSTEMS

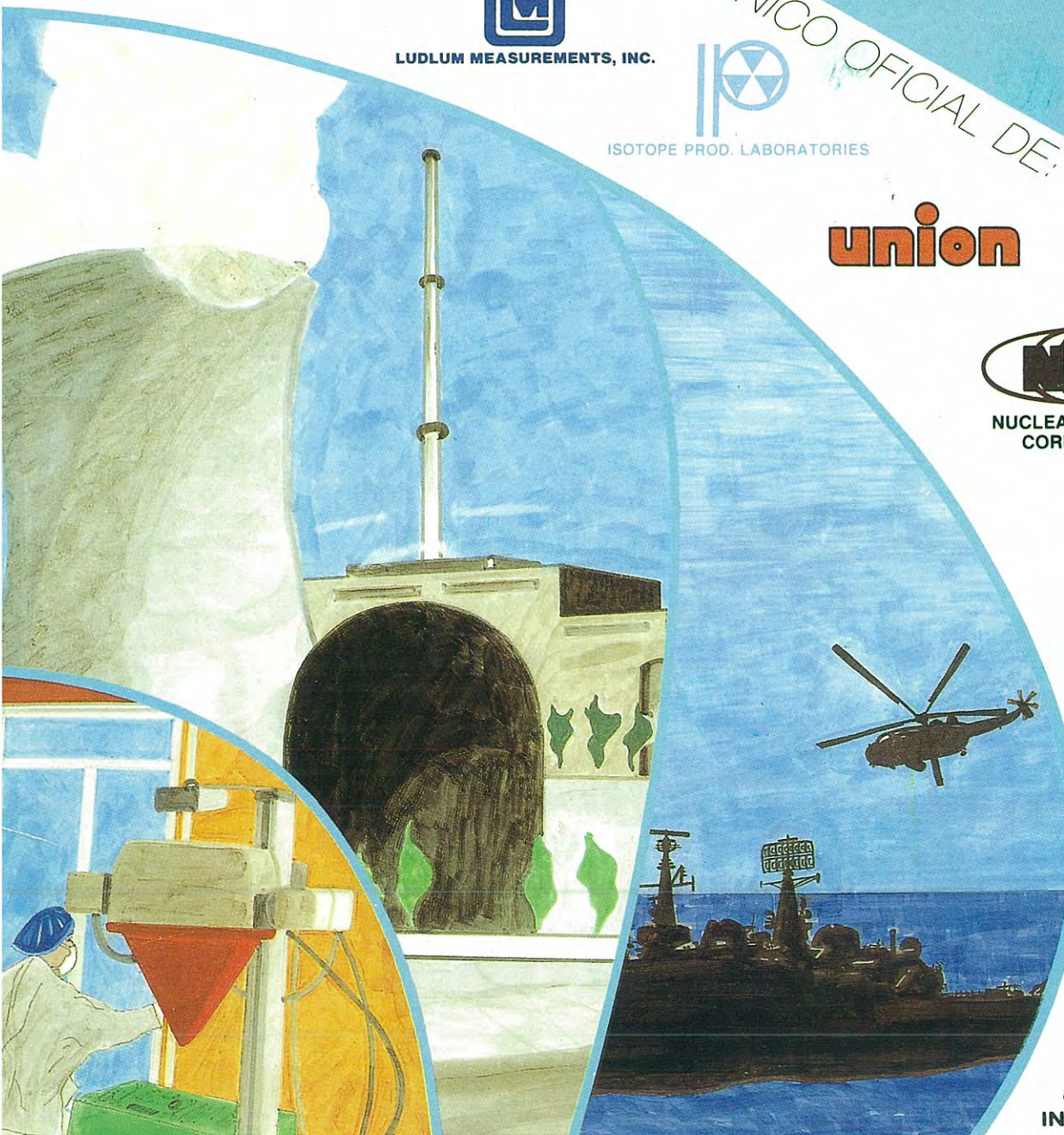
SPECTREX
CORPORATION



EARMARK

• DOSITEC

• CHEMCHEK
INSTRUMENTS INC.





RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
1994 • Nº 1

Director Gustavo López Ortiz

Comité de Redacción

Coordinador: Leopoldo Arranz
Secretario: Armando Merino
Tesorera: Teresa Ortiz

Comité Científico

Coordinador: David Cancio

Ignacio Amor, Pedro Carboneras, Pío Carmena,
Ricardo Díez, Fernando García, Francisco
Gimeno, José Gutiérrez, José Hernández,
Ildefonso Irún, Antonio López, M^a Teresa Macías,
Luis Miguel Martín Curto, M^a Cruz Paredes,
Miguel Pombar, Montserrat Ribas, Matilde Santos,
Luis M. Tobajas, Manuel Tormo, Eliseo Vaño.

Edita SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
(S.E.P.R.)
C/ Apolonio Morales, 27,
28036 Madrid

Junta Directiva de la S.E.P.R.

Presidente: Gustavo López Ortiz
Vicepresidente: Leopoldo Arranz
Secretario: Armando Merino
Tesorera: Teresa Ortiz
Vocales: José Sanjuán
Ricardo Díez
Juan José Peña
Andrés Leal

Realización y Publicidad
EDICOMPLET, S.A.
Apolonio Morales, 27 • 28036 Madrid

Imprime MULTIPRINT IBERICA, S.L.
Distribuye JARPA

Suscripción anual: 6.000 pts.
Número suelto: 2.000 pts.
Ejemplar gratuito para los miembros de la
Sociedad Española de Protección
Radiológica (SEPR)

La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA es una
publicación técnica y plural que puede coincidir
con las opiniones de los que en ella colaboran,
aunque no las comparta necesariamente.

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

✓ Editorial	4
✓ Colaboraciones	5
• DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN	5
"Medida de dosis absorbidas en el rango del μGy con LiF: Mg, Cu, P (GR-200)" <i>A. Delgado, J.M. Gómez Ros y J.L. Muñiz</i>	
• RADIOBIOLOGÍA	14
"Sistemas experimentales en radiobiología: métodos de evaluación de radiosensibilidad en cultivos celulares" <i>J. Romero, A. de la Torre, S. Ramón y Cajal, F. Valcárcel, R. Sánchez, G. Aragón</i>	
• RADIOECOLOGÍA MARINA	21
"Radioecología de Transuránidos en el Mediterráneo español" <i>Catalina Gascó, M^a Paz Antón y Lourdes Romero</i>	
✓ Contribución invitada	30
"Optimización de la Protección Radiológica: Una manera de pensar en plena evolución" <i>G.A.M. Webb</i>	
✓ Noticias S.E.P.R.	38
✓ Informaciones de interés	46
✓ Cartas al Director	55
✓ Convocatorias	60
✓ Publicaciones	63



n esta editorial quisiera plasmar e incluso transcribir tanto algunos párrafos de las conversaciones mantenidas, tiempo ha, con dos, para mí, grandes metrologos, uno de ellos, ya jubilado y con una siempre continuada vivencia por los temas metrológicos, como

las incógnitas que aún permanecen sin una respuesta adecuada.

Uno de los parámetros fundamentales, por no llamarlo eslabón final, en el estudio del impacto radiológico derivado bien de una situación, bien de una práctica, es el de la realización de una medida física en cualquiera de las magnitudes fundamentales o derivadas, tales como exposición, dosis, actividad, concentración de actividad o actividad por unidad de superficie. Todo ello supone el poder asegurar la fiabilidad de una medida como función de la exactitud, la precisión y la trazabilidad, ya que ello nos lleva a una mejora continuada en el aspecto técnico, así como a una mayor fiabilidad social sobre la interpretación de tales medidas.

De esta forma, se podría responder a la obligada y temida pregunta: "¿qué fiabilidad tengo en el valor 5 que Vd. me da como medida de una determinada magnitud radiológica?", o bien "¿cuál es la medida correcta en una confrontación de resultados de un programa de control de calidad en radiodiagnóstico llevado a cabo por dos entidades debidamente autorizadas por el Organismo Regulador?"

¿Qué tenemos que medir?, ¿cómo medimos?, ¿cómo interpretamos?, ¿cuál es nuestra exactitud, precisión y trazabilidad? son aspectos, todos ellos, de homogeneización por una parte y metrología por otra.

En esta cadena lógica de razonamientos nos seguimos preguntando: ¿quién es la entidad que, en mayor medida, necesita del conocimiento de la fiabilidad tanto técnica como social? La respuesta es obvia, ya que el organismo regulador de la nación es responsable ante el Parlamento, entre otras cosas, de que la cuantificación de las magnitudes radiológicas que inciden sobre los trabajadores profesionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes o sobre el público considerado individual y colectivamente, no implique un riesgo radiológico como consecuencia de una situación práctica o vía de exposición que supere las recomendaciones internacionales y la reglamentación de la unión europea.

Sin embargo, es evidente que el organismo regulador no podría aceptar tal responsabilidad si el Estado no dispusiera de un sistema de mediciones legalmente establecido y que cumpla unas condiciones técnicas que se exigen internacionalmente a todo sistema de medidas.

Ahora bien, en estos momentos, la base legal española para sistema de medidas reside en la Ley 3/85 de 18 de Marzo (BOE 67 del 19 de Marzo de 1985) que en su artículo 4º establece la "obtención, conservación, desarrollo y difusión de las unidades básicas de medida y de los parámetros primarios de calibración"

Seguidamente, por Real Decreto 89/1987 de 23 de Enero (BOE 21 del 24 de Enero de 1987), las competencias metrológicas, que la anterior Ley 3/85 reconoce a la Administración del Estado, se atribuyen a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional del antiguo MOPU, de la que depende el denominado Centro Español de Metrología, no obstante, no creo recordar ningún hito o servicio metrológico derivado de la aplicación del citado Real Decreto 89/1987.

Sin embargo, para dar respuesta a los aspectos metrológicos, el Ministerio de Industria y Energía, a través de su Dirección General de Innovación

Industrial y Tecnológica, había instituido un Sistema de Calibración Industrial, según Orden Ministerial del 21 de Junio de 1982 (BOE 159 de 5 Julio de 1982). Este servicio incluía un área 10 de radiaciones ionizantes formada por el laboratorio de metrología del CIEMAT y un laboratorio de calibración de monitores para radiación gamma del Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña.

No obstante hay que reflexionar que el sistema de calibración industrial nos está proporcionando, en realidad, facilidades de calibración y que el denominado Centro Español de Metrología no pone a disposición de la sociedad española lo que le exige el mencionado Real Decreto 89/1987. Por todo ello, nos encontramos pues con un panorama no demasiado reconfortante que, sin embargo, no puede detenernos en nuestra labor de cuantificar, de la mejor manera posible, magnitudes fundamentales y derivadas, pero sí hacer que demandemos de nuestro organismo regulador el que propicie o apoye de forma decidida el desarrollo metrológico que los profesionales de la protección radiológica deseamos y necesitamos. De esta forma podremos seguir mejorando la fiabilidad de las medidas que el organismo regulador tiene el deber y la obligación de exigírnos, si pone los medios, para, a su vez, responder a las demandas que como tal le solicite la sociedad.

Sirvan estas líneas, además, para despedirme y dar paso al necesario y obligado relevo en la responsabilidad, que con gran respeto, he tenido, representando a todos los profesionales que constituyen la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Gustavo López Ortiz
Presidente SEPR



MEDIDA DE DOSIS ABSORBIDAS EN EL RANGO DEL μGy CON LiF:Mg,Cu,P (GR-200)

Se presenta un método para el análisis de las curvas de termoluminiscencia del LiF:Mg,Cu,P , que permite su empleo fiable para la medida de dosis muy bajas de radiación, inferiores a 1 mGy. El método de análisis se aplica en un programa de ordenador de utilización sumamente sencilla, adaptado a las condiciones prácticas de medida y que adquiere y analiza las curvas de termoluminiscencia en tiempos de unos pocos segundos.

En este trabajo se describen también los resultados obtenidos por la aplicación de tal programa de análisis, cuya principal ventaja sobre los métodos de evaluación convencionales radica en la posibilidad de estimar y discriminar la contribución de las señales TL residuales típicas del LiF:Mg,Cu,P . Esta posibilidad permite trabajar con métodos de borrado muy simples, tan sólo el propio ciclo de lectura, en la medida de dosis absorbidas en el rango 0,5 - 200 mGy. Con tratamiento de horno adicionales a la lectura, este rango se amplía hasta 1 Gy. La alta sensibilidad del LiF:Mg,Cu,P , unas cuarenta veces mayor que la del LiF TLD-100 abre nuevas posibilidades para el control medioambiental en tiempos muy cortos de exposición (< 1 día).

A. Delgado, J.M. Gómez Ros
y J.L. Muñiz
CIEMAT, Avda. Complutense 22
28040 MADRID

Este trabajo ha sido cofinanciado
por el Programa de Radioprotección
de la CE, proyecto FI3P-CT92-0018
y por los Acuerdos 94/92 CIEMAT-ENRESA
y 96/92 Consejo de Seguridad Nuclear-
CIEMAT



INTRODUCCIÓN

EL presente trabajo recoge algunos de los resultados obtenidos por el grupo de Métodos Dosimétricos del CIEMAT en la medida de dosis absorbidas en el rango $0,5 \mu\text{Gy} - 1 \text{ Gy}$ con una variedad dosimétrica relativamente nueva del fluoruro de litio: LiF:Mg,Cu,P . Estos resultados fueron expuestos en un Seminario impartido en RISØ National Laboratory (Dinamarca) en Mayo de 1993 y han sido obtenidos durante el desarrollo del proyecto "Measurement of Environmental Radiation Doses and Dose Rates" del Programa de Radioprotección de la CE.

El LiF:Mg,Cu,P fue propuesto como un material termoluminiscente para dosimetría de radiaciones hace ya algún tiempo, (Nakajima 1978). Más recientemente el Beiging Radiation Detector Laboratory (Shousan et al. 1986) propuso un nuevo método de producción de este material comenzando su comercialización bajo la denominación de GR-200. Muy pronto las ventajas e inconvenientes de este material fueron puestos de manifiesto, sobre todo por comparación con las características de la otra variedad de LiF , el LiF:Ti,Mg más conocido como TLD-100 (600/700) (Horowitz, 1993 a).

El principal atractivo del LiF:Mg,Cu,P es la excelente combinación de sensibilidad y respuesta con la energía. Su sensibilidad es alrededor de 40 veces superior a la del TLD-100, mientras que la dependencia de la respuesta con la energía de la radiación es muy buena, similar a la del TLD-100 ya que ambos materiales

tienen un número atómico efectivo prácticamente idéntico. El principal inconveniente es la inestabilidad de la respuesta termoluminiscente a altas temperaturas. Por encima de 240°C la estructura de las trampas TL se modifica ocasionando pérdidas e irreproducibilidades en la sensibilidad del material. En la práctica, se destruye el dosímetro si se supera tal temperatura. En principio, sería posible trabajar aceptando tal limitación en la temperatura máxima alcanzable dado que el pico principal de la curva de TL en este material aparece a 200°C , pero en la práctica aparecen inconvenientes directamente derivados de esta limitación, sobre todo para la medida de dosis muy bajas.

El problema radica en que 240°C es una temperatura insuficiente para el borrado completo de todos de picos TL que presenta el LiF(GR-200) . En particular una distribución de picos de baja intensidad situada a temperaturas más altas que la del pico principal (200°C) no es borrada completamente durante un calentamiento sólo hasta 240°C . Este hecho determina el crecimiento de señales residuales progresivamente mayores con las sucesivas utilidades de un mismo dosímetro, sobre todo si ha sido expuesto a dosis absorbidas altas. En este caso la medida posterior de dosis bajas se torna altamente irreproducible, debido a que las señales no borradas de las dosis previas pueden superar incluso a las debidas a la dosis que se pretende medir. El problema generado por la presencia de altas dosis residuales ha impedido hasta ahora el empleo del LiF:Mg,Cu,P como un dosímetro con

capacidad práctica de medida.

El grupo de Métodos Dosimétricos del CIEMAT, en colaboración con el Radiation Detector Laboratory de Beiging y el grupo FIME del Departamento de Física de la Universidad de Roma (La Sapienza) comenzó a estudiar las características térmicas y ópticas del LiF:Mg,Cu,P en 1988, recibiendo muestras del material directamente del Laboratorio productor. Desde entonces se han publicado diversos trabajos sobre el tema (Bacci et al., 1990; Delgado et al., 1990a; Delgado et al., 1993a). La experiencia adquirida en el estudio de los procesos físicos responsables de la termoluminiscencia de este material nos permitió abordar los problemas de índole práctica que presenta y que no habían permitido hasta entonces su utilización fiable en dosimetría de radiaciones. La contribución del CIEMAT a la solución del problema generado por las altas señales residuales consiste en el desarrollo de criterios objetivos para la identificación y separación de las contribuciones respectivas de la última dosis recibida y de las señales residuales acumuladas de irradiaciones previas. Estos criterios se aplican en un programa de ordenador que efectúa "on line" el análisis de la curva de termoluminiscencia, proporcionando como dato dosimétrico el área de la curva de TL neta después de haber discriminado la contribución de la zona de alta temperatura, generadora de las señales residuales. Los métodos convencionales de medida TL, integrando toda la señal producida en un intervalo prefijado de tiempo/temperatura no permiten efectuar el análisis de la

estructura de la curva TL y por lo tanto están expuestos a la influencia negativa de los picos no borrados en la zona de alta temperatura.

Por la aplicación del método CIEMAT de evaluación, con dosímetros comerciales de GR-200 es posible medir con buena reproducibilidad dosis absorbidas de $0,5 \mu\text{Gy}$ después de cualquier dosis en el rango de $0,5\text{--}200 \mu\text{Gy}$, sin ningún tratamiento de regeneración adicional a la lectura. Empleando un tratamiento estandar de 10 minutos a 240°C , $0,5 \mu\text{Gy}$ pueden medirse satisfactoriamente después de cualquier dosis en el rango $0,5 \mu\text{Gy} - 1 \text{ Gy}$.

Análisis de la curva TL del LiF:Mg,Cu,P

El grupo de Métodos Dosimétricos del CIEMAT ha sido pionero en el desarrollo de métodos numéricos para el análisis de curvas complejas de termoluminiscencia y en su aplicación a la mejora de las características operativas de la dosimetría por termoluminiscencia (TLD). Diversos trabajos de nuestro grupo de este tema han sido comentados en un reciente Editorial de Radiation Protection Dosimetry (Horowitz, 1993 b).

Desde hace algún tiempo, en nuestro Laboratorio se han desarrollado códigos de cálculo ciertamente complejos que permiten resolver los diferentes picos presentes en cualquier tipo de curva TL, obteniendo para cada uno de ellos los parámetros cinéticos característicos de los procesos físicos de atrapamiento/recombinación que generan la emisión termoluminiscente. Estos programas son

idóneos para el estudio de las propiedades físicas de los materiales TL. Para aplicaciones dosimétricas se ha desarrollado otro tipo de programas de análisis, derivados de los más complejos pero considerablemente más simples y adaptados a las condiciones prácticas de medida. Una característica común a estos métodos simplificados de análisis (Gómez Ros, 1990; Delgado y Gómez Ros, 1990b; Gómez Ros et al., 1993) es que no pretenden resolver los diferentes picos TL, sino tan sólo separar la contribución de las señales TL genuinamente inducidas por la radiación, las únicas que guardan información dosimétrica, de las señales de fondo, que particularmente en la medida de dosis bajas pueden ser de intensidad comparable o incluso superior a las señales inducidas por la radiación. Además tales programas permiten identificar la zona de interés dosimétrico, integrando el área de los picos idóneos y discriminando la contribución de los picos de baja temperatura, usualmente inestable a temperatura ambiente. Tanto la estimación del fondo como la del área de la región de interés se realizan sobre señal TL, producida por cada dosímetro, individualmente, lo que significa una mejora sustancial en la calidad de los resultados respecto de los producidos por técnicas convencionales de evaluación, con una región de integración fija y estimando el fondo de manera estadística con grupos adicionales de dosímetros o segundas lecturas de los mismos.

La experiencia obtenida en el desarrollo de software adaptado a distintos tipos de fondos en medidas TL realizadas con

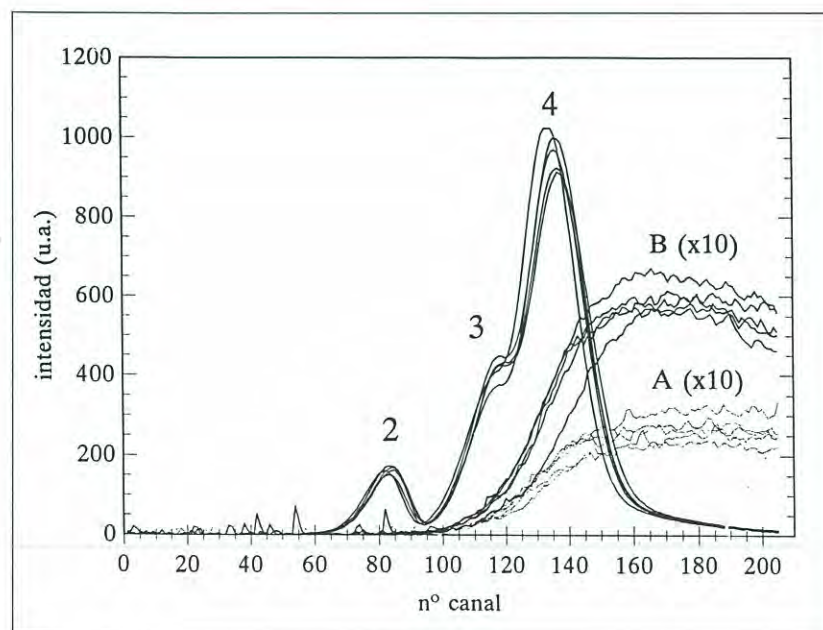


Figura 1



diferentes tipos de sistemas de calentamiento, nos llevó a considerar la posibilidad de tratar las señales residuales en el caso del LiF:Mg,Cu,P como si fueran un fondo sobreimpuesto a las señales genuinamente dosimétricas. Fondo de intensidad variable dependiendo de los valores de dosis previos, pero con una forma o dependencia con la temperatura suficientemente estable. Las previsible variaciones de intensidad en el fondo no son un problema para los códigos de análisis numérico siempre y cuando la expresión analítica que pueda describir tal fondo no cambie de una medida a otra. Si esto es así, será posible emplear tal expresión durante el análisis de las curvas TL para obtener una estimación directa de la contribución del fondo a la región de integración. La substracción de este fondo deberá producir una señal TL neta cuyo valor para una dosis dada deberá ser entonces independiente del historial de dosis previo de un detector.

Un estudio realizado con diferentes tandas de dosímetros de LiF (GR-200) demostró que la condición de estabilidad de forma se cumplía muy satisfactoriamente. En la figura 1 pueden observarse un conjunto de curvas TL del GR-200 obtenidas de diferentes dosímetros irradiados a una dosis relativamente alta (200 μGy) junto a la segunda lectura (señales residuales) producidas por los mismos dosímetros después de ser irradiados a 10 μGy (grupo A) y a 100 μGy (grupo B). En la figura puede apreciarse, en primer lugar, que, como ya ha sido mencionado, la intensidad de las señales no borradas en la primera lectura aumen-

ta con la dosis previa. Además puede apreciarse que tales señales residuales dan una contribución clara a la región ocupada por los picos dosimétricos, usualmente los picos 3 y 4. Pero lo más importante es el hecho de que en las condiciones de lectura empleadas (lineal a 8°C/s hasta 240°C + 10 segundos a esta temperatura) la forma que presentan todos los fondos es análoga: las señales residuales comienzan a ser significativas cerca del mínimo entre el pico 2 y 3 y crecen monotonamente, casi linealmente, hasta que se alcanza la máxima temperatura, permaneciendo entonces prácticamente constantes hasta el final de la medida.

Después de haber probado diversas expresiones analíticas para ajustar la evolución con la temperatura de señales

residuales como las mostradas en la figura 1, la solución idónea ha sido también la más sencilla. En el programa de análisis actualmente en uso, la contribución del fondo residual a la región de interés dosimétrico se estima por una línea recta que intersecta al eje de temperatura (ordenadas) en el punto (canal) correspondiente al mínimo entre los picos 2 y 3 y se extiende hasta el punto de inflexión situado a la derecha (mayor temperatura) del máximo absoluto de la curva (pico 4) tal y como se muestra en la figura 2, que representa la pantalla de los datos finales del programa. En la figura se incluyen en la parte superior la curva experimental y la estimación del fondo, realizada sobre la curva filtrada para eliminar en lo posible el ruido presente en los datos experimentales. En las ventanas inferiores se muestra la curva

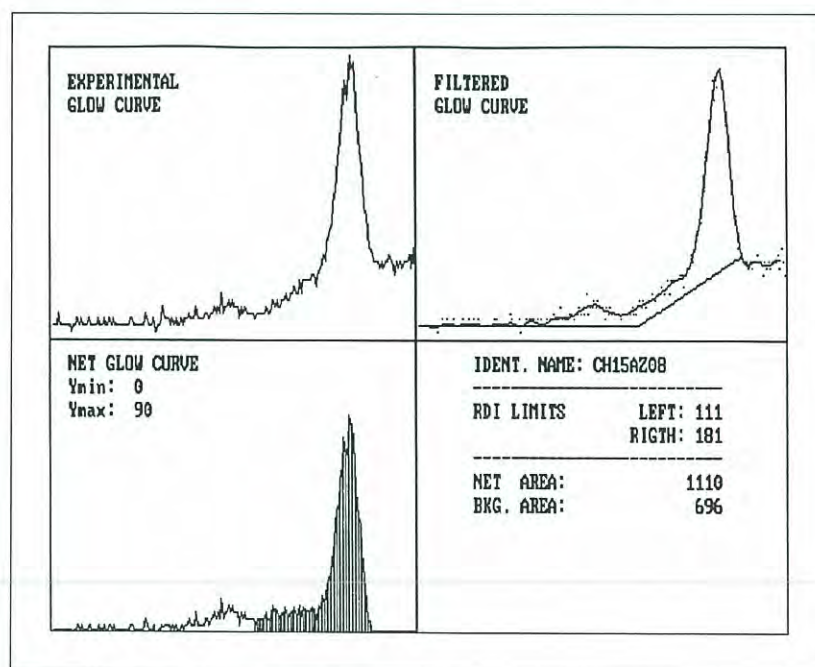


Figura 2

TL neta, después de eliminar el fondo estimado, mostrando la región de integración de la que se extrae el dato dosimétrico y por último la ventana de datos con los límites de la región de interés dosimétrico (RDI) y las áreas de la señal TL (net area) y del fondo (BKG area) ambas obtenidas entre los límites de la RDI. La medida presentada corresponde a un dosímetro que había estado integrando dosis ambientales durante 5 horas ($\sim 0,70 \mu\text{Gy}$).

Resultados experimentales.

En lo que sigue, se van a exponer los resultados obtenidos sobre las características dosimétricas más relevantes del LiF:Mg,Cu,P . Estos resultados se han obtenido empleando el programa LiFCu 2.0 desarrollado en el CIEMAT para el análisis de las curvas de termoluminiscencia de este material. Este programa aplica los criterios para la estimación de las señales residuales expuestos en el apartado anterior, definiendo una Región de Interés Dosimétrico que comprende los picos 3 y 4 de la curva de TL del LiF (GR-200). Excepto cuando se haga mención explícita de lo contrario, los detectores no han recibido tratamiento de regeneración distinto de su propia lectura. El ciclo de lectura llevado a cabo en un lector Harshaw 2000A+2080, consiste en un calentamiento lineal a 8°C/s hasta 250°C temperatura que se mantiene durante unos 8 segundos.

Hay que hacer notar que desde 1987, fecha en la que nuestro laboratorio reci-

bió las primeras muestras del material desarrollado en el Solid Detector Laboratory ha habido una sustancial mejora en las características de los detectores. En particular en lo que se refiere a la criticidad de la temperatura máxima. En las tandas recibidas desde 1990, el efecto de pérdida de sensibilidad, aunque continúa

existiendo, ha sido atenuado y de hecho en nuestro laboratorio como ciclo de lectura empleamos habitualmente un calentamiento lineal hasta 250°C sin haber encontrado efecto adverso alguno. Hay que tener en cuenta que esta temperatura se refiere a la temperatura del elemento calefactor, medida por un termopar sol-

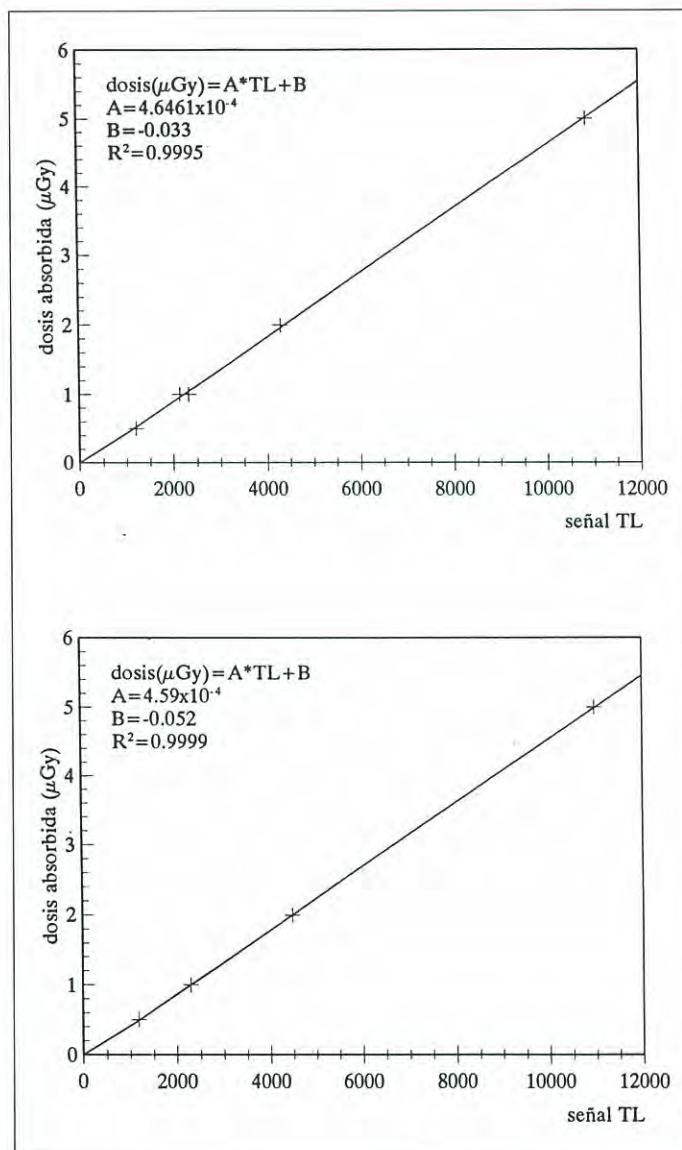


Figura 3

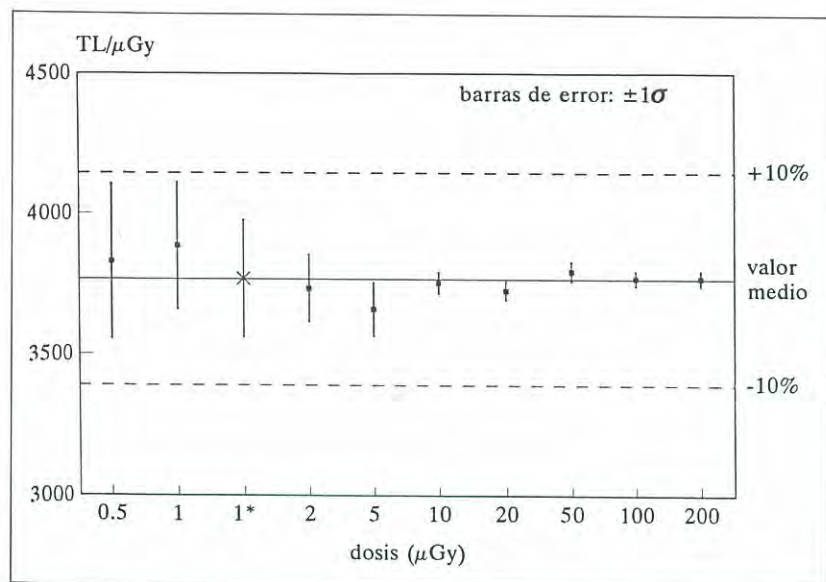


Figura 4

dado al mismo.

Los datos que a continuación se describen han sido obtenidos con diferentes grupos de detectores, en total se han empleado unos ciento cincuenta detectores de LiF (GR-200), en forma de disco de 5 mm de diámetro y 1 mm de espesor. Las irradiaciones se han realizado en el Laboratorio de Calibración Gamma del CIEMAT. La incertidumbre total estimada por este Laboratorio para dosis absorbidas en el rango empleado en este experimento es de un 1.8% ($K=3$).

a) Linealidad

La figura 3 representa dos tests de linealidad obtenidos con un mismo grupo de cinco detectores. Entre ambos tests el grupo fue empleado un total de doce veces para la medida de dosis ambientales en periodos cortos de inte-

gración (1-7 días). Para determinar la linealidad del sistema, el grupo fue irradiado a 0.5, 1, 2 y 5 μGy (dosis absorbida en tejido bajo 0.47 g/cm^2). Los parámetros de los ajustes por regresión lineal se muestran en las dos gráficas. Puede observarse la buena linealidad obtenida en ambos casos con coeficientes de regresión (R) muy favorables, así como la igualmente buena reproducibilidad de los parámetros de ajuste A y B . Es importante notar los bajos valores que adopta el término independiente B cercano a cero ($\sim 0.05 \mu\text{Gy}$). Esta es una excelente indicación de la capacidad del programa de ajuste para eliminar la contribución de las señales residuales y operar sólo con señales TL netas debidas exclusivamente a la última irradiación. De los ajustes en la figura 3 se deduce que en la práctica se puede considerar que dosis absorbida y señales TL son magnitudes directamente proporcionales ($B \sim 0$). Hay que

hacer notar que, para dosis tan bajas como 0.5 μGy , la intensidad de las señales residuales puede fácilmente superar a la propia de las señales TL. El empleo del programa de análisis asegura que tan sólo se trabaja con las señales TL generadas en la irradiación cuya dosis se pretende medir, libres de efectos apreciables de dosis previas.

b) Estabilidad de la respuesta TL

Se han realizado varios tests para comprobar la estabilidad de la respuesta dosimétrica y la idoneidad del método de evaluación propuesto para permitir la medida de dosis del orden de 1 μGy después de recibir dosis superiores en al menos un factor 100, sin recurrir al empleo de tratamientos térmicos adicionales de regeneración. Los tests se han realizado siempre con grupos de cinco detectores y su organización ha sido siempre la misma. El grupo estudiado era irradiado diez veces seguidas a cada valor de dosis en el rango 0.5 - 200 μGy en secuencia 1:2:5, en total 10 valores de dosis. Antes y después de cada uno de estos grupos de diez irradiaciones, los dosímetros eran de nuevo irradiados a la dosis de referencia de 1 μGy . Estas irradiaciones de referencia tenían por objeto comprobar la inexistencia de efectos debidos a las señales residuales causados por las otras irradiaciones efectuadas para cada valor de dosis. Obviamente después de cada irradiación el grupo era leído obteniéndose el valor medio de las cinco lecturas, dato que se toma como representativo de tal irradiación.

En la figura 4 se presenta un resumen de los resultados obtenidos con uno de los grupos estudiados, resultados que son similares a los obtenidos con cualquier otro grupo. En la figura los cuadrados representan el valor medio de los datos obtenidos de las diez lecturas a cada valor de dosis, expresados como TL/ μ Gy. Las barras de error representan una desviación típica del conjunto de los diez datos para cada valor de dosis. El símbolo en cruz corresponde al valor medio de todos los datos obtenidos de las irradiaciones a la dosis de referencia (1 μ Gy) antes y después de los restantes grupos de diez irradiaciones. En la figura también se representa la desviación típica de este grupo de irradiaciones de referencia.

En la figura puede observarse la buena reproducibilidad del valor TL/ μ Gy para todos los valores de dosis en el rango estudiado. En particular es de hacer notar el excelente acuerdo entre los valores correspondientes al grupo de medidas sucesivas a 1 μ Gy y las del grupo de irradiaciones de referencia a la misma dosis, sin mostrar efecto alguno de las numerosas irradiaciones que se efectuaron entre las de referencia. Igualmente es de destacar la buena repetibilidad de las medidas. Para dosis absorbidas superiores a 10 μ Gy, la desviación típica del grupo de diez irradiaciones es $\leq 1\%$, para 2-5 μ Gy, $\sim 3\%$ y para 0.5-1 μ Gy $\sim 6\%$. (Desviación típica de una medida del grupo de diez datos obtenidos a cada valor de dosis absorbida).

c) Tratamiento de regeneración en horno.

Los datos contenidos en la figura 4 aseguran la capacidad de medida en el rango 0.5-200 μ Gy, sin problemas de dosis previas y empleando tan sólo el propio ciclo de lectura como procedimiento de regeneración de los dosímetros para permitir nuevas utilizaciones. Aunque este rango de dosis (0.5-200 μ Gy) es bastante satisfactorio y en la práctica puede permitir la medida de dosis, por ejemplo en condiciones normales de control ambiental, se estudió también la posibilidad de ampliar este rango mediante el empleo de tratamientos térmicos de regeneración más largos, llevados a cabo en un horno independiente del equipo de lectura. Hay que hacer notar que para dosis superiores a 500 μ Gy, las señales residuales son tan intensas que después de un sólo ciclo de

lectura la señal correspondiente a una nueva irradiación a 1 μ Gy resulta casi completamente enmascarada y el programa de análisis no siempre encuentra puntos válidos de referencia para proceder a evaluar la señal TL neta. Por otra parte, el empleo de tratamientos de regeneración simultáneos para todos los dosímetros de un grupo de trabajo es muy conveniente en la práctica cuando se han de emplear grupos numerosos, como es el caso en la mayor parte de las aplicaciones de control individual o ambiental.

Se empleó el tratamiento de regeneración propuesto por el propio fabricante de los detectores: 10 minutos a 240°C, seguido, en nuestro caso, por un enfriamiento hasta temperatura ambiente muy reproducible. Este tratamiento se aplica en un horno desarrollado en nuestros Laboratorios, de funcionamiento automá-

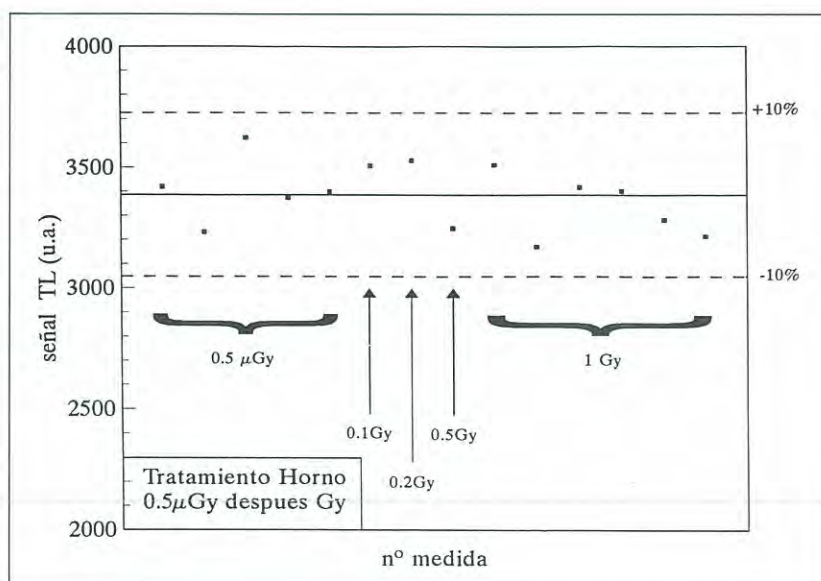


Figura 5



tico y programable, incluyendo tanto el propio ciclo a 240°C como el posterior enfriamiento. Se emplea el método de contacto con un elemento calentado óhmicamente cuya temperatura es controlada y mantenida constante ($\pm 2^\circ\text{C}$) durante el tiempo programado. En la región ocupada por los detectores no existen gradientes térmicos apreciables y la temperatura es, por tanto, uniforme.

La sensibilidad mostrada por diferentes grupos de detectores que recibieron este tratamiento térmico es casi idéntica a la que se obtiene empleando tan sólo el ciclo de lectura y las características dosimétricas en el rango 0.5-200 μGy muy similares a las presentadas en los apartados anteriores. La ventaja obtenida por el empleo del tratamiento de horno es el más amplio rango útil de medida sin efectos de dosis previas, ya que diez minutos a 240°C son muy eficaces para atenuar la contribución de los picos de alta temperatura responsables de los efectos residuales. Hay que hacer notar que mientras 250°C pueden ser alcanzados durante unos pocos segundos (ciclo de lectura), en tratamientos más largos (horno) hay que respetar escrupulosamente la limitación a 240°C, ya que de lo contrario los efectos adversos sobre la sensibilidad del material pueden llegar a ser catastróficos.

La figura 5 muestra cómo dosis tan bajas como 0.5 μGy pueden ser medidas con suficiente producibilidad después de recibir dosis tan altas como 1 Gy, cuando se emplea el tratamiento de regeneración de 10 minutos a 240°C con enfriamiento

controlado. En la figura se presenta, para un grupo de cinco detectores, los sucesivos valores medios obtenidos a 0.5 μGy después de irradiaciones (más tratamiento térmico) a dosis progresivamente mayores hasta 1 Gy. En la gráfica se muestra con una línea continua horizontal el valor medio de todos los tests a 0.5 μGy y con línea discontinua los valores $\pm 10\%$ de ese valor medio. Puede verse que todos los resultados a 0.5 μGy están contenidos dentro de ese margen de $\pm 10\%$, con independencia de los valores de dosis absorbida previamente recibidas (entre 0.5 μGy y 1 Gy).

La conclusión que se deduce de los resultados contenidos en la figura 5 es que con el tratamiento estandar propuesto por el fabricante del GR-200, aplicado con fiabilidad, (asegurando también la reproducibilidad del ciclo de enfriamiento) y empleando además el procedimiento desarrollado en nuestros laboratorios para la evaluación de las señales TL de este material, el problema de las señales residuales desaparece y el LiF:Mg,Cu,P puede emplearse sin restricciones, como cualquier otro material TL, para la medida de dosis altas o bajas (μGy - Gy).

d) Test ciego

Cuando la idoneidad del método de evaluación fue considerada suficientemente probada por los numerosos y satisfactorios tests a los que fueron sometidos diferentes tandas de detectores de LiF (GR-200), empleando irradiaciones controladas a valores de dosis absorbidas bien conocidos, se solicitó

del Laboratorio de Calibración Gamma del CIEMAT la aplicación de un test ciego a varios de los grupos de detectores que habían sido puestos a punto. Se trataba de comprobar la capacidad de medida en el rango 0.5-5 μGy y para ello el Laboratorio de Calibración irradió varios grupos de cinco detectores a diferentes valores de dosis obtenidos por un procedimiento aleatorio y obviamente desconocidos para los miembros del Grupo de Métodos Dosimétricos que

TABLA I

Test Ciego

Dosis impartida	Dosis estimada	
	Lector	Horno
0.58	0.62 (1.07)	0.60 (1.03)
1.35	1.44 (1.07)	1.42 (1.05)
3.10	3.10 (1.00)	3.02 (0.97)
3.85	3.79 (0.98 ₅)	3.70 (0.96)
4.30	4.30 (1.00)	4.10 (0.95)
4.75	4.80 (1.01)	4.60 (0.97)

operaban el sistema TL. Se emplearon seis grupos de detectores con tratamiento de horno y otros seis sin tal tratamiento (sólo lectura). Los resultados obtenidos se representan en la tabla I. Los valores de dosis estimados están todos comprendidos entre un + 7% (0.58 μGy , tratamiento lector) y un - 5% (4.30 μGy , tratamiento horno). Estos resultados pueden considerarse satisfactorios y coherentes con las características de repetibilidad obtenidas durante la puesta a punto del método de trabajo.

Conclusiones

De los datos experimentales que han sido presentados, representativos de más de tres mil medidas realizadas para el desarrollo y comprobación del método computerizado de evaluación para el LiF:Mg, Cu, P (GR 200), se deduce la excelente capacidad de este material para la medida de dosis muy bajas, inferiores a $1 \mu\text{Gy}$. Ello le hace idóneo para aplicaciones tales como dosimetría ambiental y personal, con la ventaja añadida de la muy buena equivalencia a tejido humano lo que implica una igualmente buena respuesta con la energía para la medida de dosis absorbida y sus magnitudes relacionadas.

Nuestro trabajo se ha desarrollado por el momento en la dirección de la aplicación del GR-200 en dosimetría medioambiental. Las principales ventajas ya obtenidas por el empleo de este material son esencialmente las derivadas de la posibilidad de emplear tiempos ultracortos de integración. Es posible la medida de dosis ambientales en periodos tan cortos como 5 ó 6 horas lo que permite por ejemplo comparar medidas obtenidas durante la jornada de trabajo y fuera de ella, en la estimación del impacto radiológico de instalaciones potencialmente generadoras de radiaciones en el medio ambiente. Esta comparación puede realizarse diariamente, si ello fuera necesario o conveniente, lo que permite obtener rápidamente muy buena estadística de medida así como diferenciar entre la carga radiológica debida a diferentes

situaciones de trabajo.

Otra ventaja, importante desde un punto de vista metrológico, es la posibilidad que brinda este material de simplificar la comparación entre las dosis ambientales estimadas por detectores activos (cámaras de ionización, detectores proporcionales, tubos Geiger...) y detectores pasivos (TLDs) comparación que ahora puede realizarse en tan solo horas en vez de meses de integración de dosis. Hay que hacer notar además que el LiF:Mg,Cu,P presenta mejor respuesta con la energía que la mayoría de los detectores activos. La respuesta con la energía es un parámetro realmente importante en aplicaciones dosimétricas ambientales dada la variedad de contribuciones que pueden presentarse y el desconocimiento práctico del espectro de la radiación medida.

En la actualidad nuestro grupo está realizando una comparación en condiciones de medida de campo, entre la respuesta en términos de dosis ambiental $H^*(10)$ entre una cámara ReuterStokes calibrada y dosímetros ambientales de LiF, TLD-100 y GR-200. De los primeros resultados se deduce que el acuerdo entre los datos ambientales proporcionados por los tres sistemas es satisfactorio. Además se ha podido comprobar la mejor estabilidad a largo plazo (hasta 6 meses) del GR-200 respecto del TLD-100. Como es sabido (Delgado et al., 1993c) el LiF TLD-100 presenta, a temperatura ambiente, problemas de falta de

estabilidad de su respuesta durante la exposición, debido a procesos activados térmicamente que modifican apreciablemente la estructura y distribución de las trampas termoluminiscentes. El LiF GR-200 está prácticamente libre de tales efectos perturbadores, lo que realmente simplifica las condiciones de trabajo evitando además una de las contribuciones más importantes a la incertidumbre final de los resultados dosimétricos.

En nuestra opinión, y después de los resultados obtenidos con el método CIEMAT de evaluación por computador de las señales TL del LiF GR-200, este material podría ser considerado un buen candidato para su empleo por Laboratorios de Dosimetría en aplicaciones prácticas de control medioambientales.

REFERENCIAS

- Nakajima T, Murayama Y, Matsuzawa T y Kojan A., Nucl. Instrum. Methods 157 155-162 (1978)
- Horowitz Y S., Radiat. Prot. Dosim **47** 135-141 (1993a)
- Bacci C, Damilano R, Furetta C, Rispoli B, Zhu J, Cai G G, Delgado A y Gomez Ros J M., CIEMAT report 658 (1990)
- Delgado A, Gomez Ros J M, Bacci C, Furetta C y Rispoli B., J. Phys. D : Appl. Phys. **23** 1132-1134 (1990 a)
- Delgado A, Gomez Ros J M, Furetta C y Bacci C., Radiat. Prot. Dosim. **47** 49-51 (1993 a)
- Horowitz YS., Radiat. Prot. Dosim. **48** 143-144 (1993b)
- Gomez Ros JM., Tesis Doctoral Univ. Autonoma de Madrid (1990)
- Delgado A, Gomez Ros JM., Radiat. Prot. Dosim **34** 357-360 (1990b)
- Delgado A, Gomez Ros JM, Muñiz JL y Portillo JC., Health Phys. **62** 238-234 (1992a)
- Gomez Ros JM, Muñiz JL, Delgado A, Bøtter-Jensen L y Jørgensen F., Radiat. Prot. Dosim. **47** 483-487 (1993)
- Delgado A, Gomez Ros JM, Muñiz JL, Bos AJJ y Pijters TM., Radiat Prot. Dosim. **47** 231-234 (1993b)



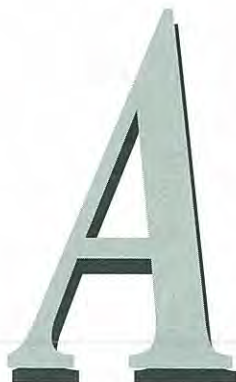


SISTEMAS EXPERIMENTALES EN RADIOBIOLOGÍA: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RADIOSENSIBILIDAD EN CULTIVOS CELULARES.

**J. Romero, A. de la
Torre, S. Ramón y
Cajal¹ F. Valcárcel, R.
Sánchez¹, G. Aragón**

*Servicio de Oncología
Radioterápica, Servicio de
Anatomía Patológica¹.
Hospital Puerta de Hierro,
Madrid*

*Este trabajo ha sido
posible gracias a la finan-
ciación del Fondo de
Investigación Sanitaria
(Proyecto FIS 93/0667 y
Beca FIS 93/5298).*



Actualmente la radiobiología constituye uno de los pilares de la investigación oncológica. El perfeccionamiento de las técnicas de laboratorio, en especial en lo referente a cultivos celulares, ha dado lugar a la existencia de diversos sistemas experimentales para el estudio de los efectos de la irradiación. En el presente artículo de revisión general presentamos algunos de ellos, haciendo hincapié en los métodos de evaluación de radiosensibilidad "in vitro".

INTRODUCCIÓN

Tras el descubrimiento de los rayos X, en el primer tercio de siglo, el estudio de los efectos de la irradiación a nivel de los tejidos, tanto sanos como tumorales, provenía de la observación clínica de la respuesta tisular a diferentes dosis y fraccionamientos (1,2). Durante este período la investigación radiobiológica se centró en el estudio histológico de la proliferación tumoral que llevó a la formulación de la ley de Bergonié y Tribondeau (3).

A partir de los años 30, el perfeccionamiento técnico y los avances en la dosimetría pusieron de manifiesto la importancia del factor tiempo en radioterapia, llevándose a cabo la formulación de modelos matemáticos que relacionaban la dosis administrada con la tasa de dosis, número de sesiones y duración total del tratamiento. Tras los primeros modelos de Strandqvist (4) y Cohen (5), Ellis (6) desarrolló el concepto de "Nominal Standard Dose" (NSD), en el que se relacionan el número de fracciones con el tiempo total de tratamiento, así como otras fórmulas derivadas de la NSD : TDF, "Time-Dose Factor" (7) y CRE, "Cumulative Radiation Effect" (8). Todos estos modelos fueron obtenidos a partir de datos procedentes de la experiencia clínica y, en algunos casos, de la irradiación de animales de laboratorio. Estas fórmulas han resultado de limitada utilidad clínica debido, entre otras razones, a que no tienen en cuenta la diferente sensibilidad al fraccionamiento de los diversos tejidos.

El desarrollo de la metodología de los cultivos celulares a partir de los 60, permitió un cambio de orientación en la investigación radiobiológica, que pasó a considerar los efectos de la irradiación como manifestación de la muerte celular caracterizada por curvas de supervivencia específicas para cada tejido. Las primeras curvas de supervivencia celular tras la irradiación fueron obtenidas por Puck y Marcus en 1956 (9), y ya desde los primeros momentos se puso de manifiesto la importancia de la reparación del daño subletal en células irradiadas (10). La experiencia acumulada en la irradiación de cultivos celulares llevó a la formulación de diversos modelos matemáticos de supervivencia celular. Entre ellos, el modelo lineal-cuadrático (11,12) es el más ampliamente aceptado, ya que se ajusta perfectamente a la experimentación con animales y a los datos clínicos.

SISTEMAS EXPERIMENTALES EN RADIOBIOLOGÍA

Actualmente los sistemas experimentales disponibles para el estudio de los efectos de la irradiación son múltiples, y pueden ser encuadrados en tres categorías generales : experimentación con animales, microesferoides multicelulares y cultivos celulares.

a) Experimentación con animales :

Ha sido utilizada ampliamente para el estudio de los efectos de la irradiación sobre tejidos sanos y sobre tumores

transplantados a ratones inmunodeficientes:

- Efectos de la irradiación sobre tejidos sanos : Mediante este tipo de experimentación se han determinado las dosis máximas toleradas por diversos tejidos. En el método de las colonias esplénicas de Till y McCulloch (13) se contaban el número de colonias esplénicas formadas en ratones inmunosuprimidos por parte de las células de la médula ósea de ratones irradiados a diferentes dosis para establecer curvas de supervivencia. Withers y Elkind (14) desarrollaron curvas de supervivencia del epitelio intestinal irradiando ratones a diferentes dosis y midiendo el número de criptas intestinales en regeneración. Estas técnicas han sido utilizadas para el estudio de la tasa de dosis, fraccionamiento y valoración de la Eficacia Biológica Relativa (EBR) de haces de diferentes energías (15,16,17).
- Injertos tumorales en ratones inmunosuprimidos (Xenografts): El implante de células tumorales en ratones atímicos ha sido un modelo frecuentemente utilizado para el estudio de la proliferación celular, inhibición del crecimiento y reducción de volumen tumoral tras la irradiación (18,19). En estos tumores se pueden obtener curvas de supervivencia tras la irradiación in vivo, disociación tumoral y, posteriormente, implan-



te de las células en ratones para conteo de colonias metastásicas pulmonares (20) o cultivo celular (21,22).

b) *Microesferoides multicelulares* :

Son pequeños agregados celulares que pueden alcanzar el tamaño de 0.5 mm y que crecen en cultivo adoptando una forma esférica. Las sustancias nutritivas y el oxígeno penetran en el interior de los esferoides a partir de la superficie. En los esferoides mayores de 100 microm. la zona central puede estar hipóxica. Proporcionan un modelo de complejidad intermedia entre el tumor "in vivo" y los cultivos celulares (23). Han sido utilizados principalmente para el estudio de la radiosensibilidad intrínseca, reparación del daño subletal y respuesta a fraccionamiento de la dosis (24,25,26). Recientemente ha sido desarrollado el Ensayo clonogénico de Esferoides Híbridos para evaluar la radiosensibilidad intrínseca de células procedentes de tumores de pacientes, el cual presentaría las ventajas de ser un ensayo clonogénico, alta eficiencia de plantaje y utilidad para cultivo primario (27).

c) *Cultivos celulares* :

Los cultivos celulares permiten el estudio de los efectos de la irradiación en una gran variedad de condiciones experimentales. Este tipo de experimentación ha resultado muy útil para la determinación de la radiosensibilidad de diferentes

tipos celulares (28,29), estudio de la reparación del daño subletal y potencialmente letal (30,31), efectos de la asociación de quimioterápicos e hipertermia con la irradiación (32, 33,34), modificación de la radiosensibilidad por diferentes oncogenes (35,36) y, en general, estudio de las lesiones moleculares responsables del daño celular postradiación.

En cuanto al origen de las células caben dos posibilidades : líneas establecidas y cultivo primario de células procedentes de la disociación de tejidos sanos o tumorales:

— Líneas establecidas o inmortalizadas: Líneas derivadas de un solo clon celular, perfectamente caracterizadas, capaces de multiplicarse indefinidamente. Han sido utilizadas ampliamente en investigación radiobiológica debido a la disponibilidad, facilidad de crecimiento y manejo. Un ejemplo conocido de este tipo son las células HeLa, derivadas de un carcinoma de cérvix. Actualmente se dispone de líneas celulares de casi todas las estirpes histológicas (linfocitos, fibroblastos, tumores, etc), que pueden ser obtenidas a través de la American Type Culture Collection (ATCC, Rockville, MD).

— Cultivos primarios : Las células proceden de la disociación de tejidos normales o tumorales humanos (37), o bien, de tumores injertados en ratones inmunosu-

primidos (21,22). Presentan mayores dificultades debido a que requieren condiciones especiales de cultivo. Otro problema es la heterogeneidad celular que presentan las suspensiones celulares obtenidas de esta forma. Una línea de investigación actualmente en desarrollo se basa en la realización de test predictivos de respuesta a la radioterapia (38). Básicamente, las células procedentes de una biopsia tumoral son cultivadas y se determina la radiosensibilidad "in vitro". Diversos estudios recientes (39,40) están tratando de determinar si existe correlación entre los datos obtenidos en los ensayos "in vitro" y los resultados de la irradiación en cada paciente, para ver si estos test pudieran servir como ensayo predictivo de respuesta en base al cual elegir una determinada terapéutica para un paciente dado.

La metodología de los cultivos celulares tanto para líneas establecidas como para cultivos primarios ha sido revisada en diversas publicaciones (37,41,42,43).

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RADIOSENSIBILIDAD EN CULTIVOS CELULARES

Los métodos de que disponemos actualmente para la cuantificación del daño celular producido por la irradiación son variados. La elección de uno u otro vendrá determinada por el tipo celular

TABLA I : Métodos de evaluación de supervivencia celular tras la irradiación.

1. Métodos directos

Ensayos clonogénicos:

Courtenay-Mills

Salmon-Hamburger

Ensayos no clonogénicos:

Método del cristal violeta

2. Métodos indirectos

Medición síntesis de DNA (Captación de 3H-TdR)

Ensayo MTT

Roturas dobles de DNA

Aberraciones cromosómicas (Micronúcleos)

estudiado, condiciones de cultivo, objetivo del estudio y disponibilidad de medios (Tabla I).

Cuando se realiza un cultivo de células sólo una parte de ellas van a proliferar y dar lugar a una cadena de descendientes. Este hecho nos lleva a plantear varios conceptos fundamentales en radiobiología :

Células clonogénicas: Aquellas que bajo circunstancias experimentales definidas son capaces de formar una colonia de, generalmente, más de 50 células.

Eficiencia de plantaje (EP): Es la relación entre el número de colonias formadas tras varios días de cultivo y el número de células plantadas inicialmente.

Ensayo clonogénico: Aquél en el que la supervivencia celular es obtenida

a partir de las eficiencias de plantaje de las células irradiadas respecto de las células no tratadas. Los ensayos clono-

génicos tienen especial interés sobre células tumorales ya que la curación de un tumor resulta de la abolición de la capacidad de formar colonias de las células tumorales.

Otros tipos de ensayos no clonogénicos evalúan el daño producido por la irradiación midiendo el número de células por métodos diferentes como densidad óptica, lesiones moleculares inducidas, incorporación de timidina marcada, etc.

Los ensayos más comunmente empleados en la actualidad son los siguientes :

1. **Ensayos clonogénicos:** Como ya se ha dicho evalúan el número de colonias. En líneas establecidas,

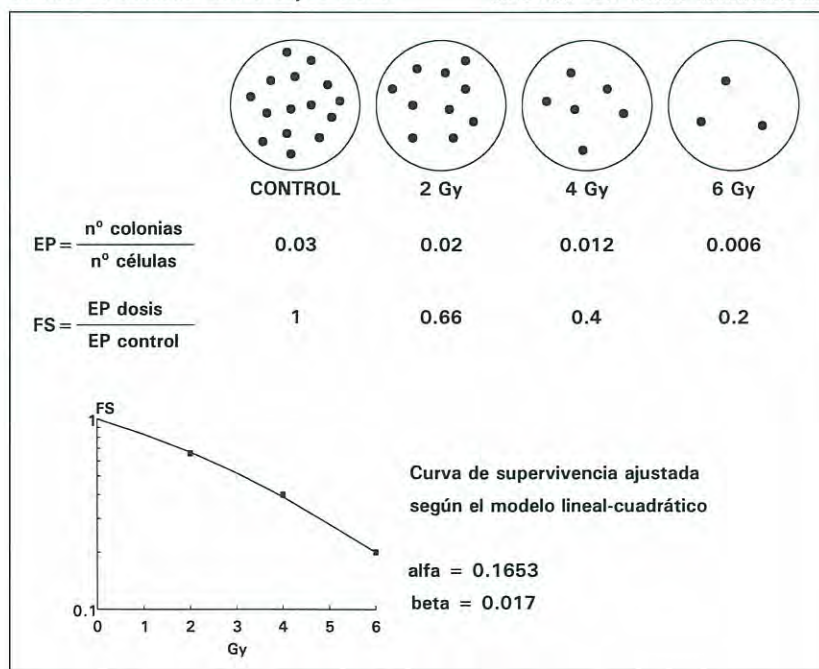


Figura 1. Esquema explicativo de un ensayo clonogénico. Se ha supuesto que se han plantado 500 células por placa. Los puntos representan colonias de más de 50 células evaluadas a los 14 días de la irradiación. La curva se ha ajustado según el modelo lineal-cuadrático

$$[\log FS = (\text{alfa} \cdot \text{dosis}) - (\text{beta} \cdot \text{dosis}^2)].$$

EP: Eficiencia de plantaje. FS: Fracción superviviente.

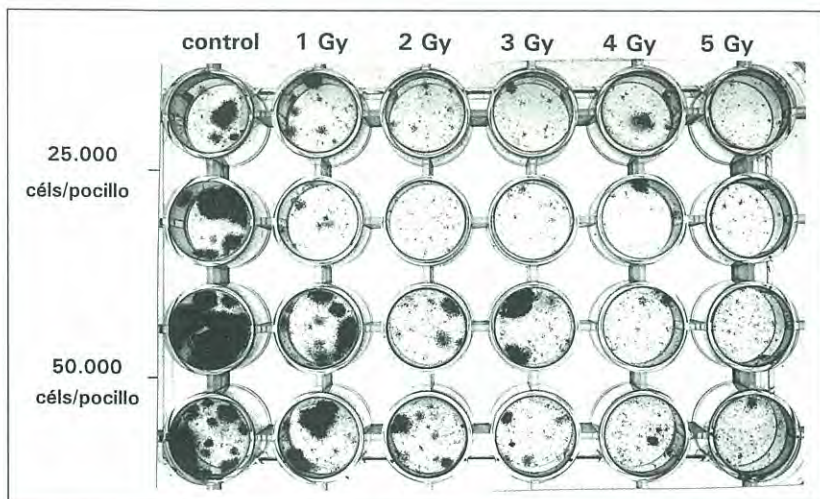


Figura 2. Ensayo de radiosensibilidad en células procedentes de un paciente con un carcinoma transicional infiltrante de vejiga realizado en placas CAM.

adherentes y que no requieran condiciones especiales de crecimiento, es de fácil realización. Básicamente se realiza sembrando un número determinado de células en varias botellas o placas de cultivo, una de las cuales sirve como control y el resto son tratadas a diferentes dosis. Tras varios días de cultivo, las células son fijadas, teñidas con azul de metileno o cristal violeta y se cuentan el número de colonias mayores de 50 células en cada placa. A partir de estos datos se calcula la eficiencia de plantaje y la fracción superviviente para cada dosis y se elabora la curva de supervivencia. En la figura 1 se muestra un esquema de un ensayo clonogénico.

Para cultivo primario de células procedentes de tumores humanos o experimentales han sido desarrollados dos tipos de ensayos clonogénicos que se basan en el crecimiento de las células en soft-agar. En el de Courtenay-Mills (44) se deposita en el fondo de un tubo una

mezcla de células tumorales junto con eritrocitos de rata y agar, y se recubre con medio de cultivo. Las células se dejan crecer, a baja concentración de oxígeno, durante 3-4 semanas, al cabo de las cuales se decanta el agar y se cuentan las colonias mayores de 50 células con un microscopio. El ensayo de Salmon-Hamburger (45) se realiza en placas de cultivo que son recubiertas con una capa de agar sobre la que se deposita la suspensión celular. Este último no se recomienda para la estimación de la radiosensibilidad (46). Estos sistemas presentan las desventajas siguientes: baja eficiencia de plantaje, dificultad para diferenciar agrupamientos celulares de verdaderas colonias (47), y dificultad de realización. No obstante, ha sido utilizado con éxito por diversos autores (48,49).

2. *Método del cristal violeta (50):* En líneas establecidas que crezcan con facilidad puede realizarse un tipo de

ensayo no clonogénico que resulta práctico para investigar tanto la radiosensibilidad intrínseca como la influencia en la respuesta a la irradiación de diferentes fraccionamientos, quimioterápicos, etc. Se suele realizar en multiplacas de 24 ó 48 pocillos, que permiten testar diversas variables experimentales. A las 24 horas de realizada la siembra celular se realiza la irradiación. Pasados 7-14 días las células son fijadas con glutaraldehído (1%) y teñidas con cristal violeta (0.1%). Posteriormente, tras la extracción del colorante con ácido acético (10%) se mide la densidad óptica de cada pocillo con un espectrofotómetro (590 nm). (Fig. 2)

En cultivos primarios este método presenta las desventajas de falta de adherencia a la placa por parte de las células y de heterogeneidad celular de la suspensión. Baker (51) ha desarrollado un sistema de placas recubiertas de matriz adherente (CAM plates) y un medio con metilcelulosa y factores de crecimiento que permite la adherencia selectiva de las células tumorales y no de los fibroblastos. Este sistema ha sido utilizado con éxito (39) para la determinación de la radiosensibilidad intrínseca de células procedentes de la disociación de tumores humanos. En la figura 3 se muestra un ensayo de radiosensibilidad realizado en placas CAM en nuestro laboratorio.

3. *Incorporación de timidina tritiada ($^3\text{H-TdR}$):* Descrito por Friedman (52). Se basa en la medición de la

cantidad de ^3H -TdR captada por las células en división como método indirecto de la evaluación de la cantidad de células. Su desventaja es que está influido por el estado proliferativo celular. Puede ser utilizado para células creciendo en suspensión. Para algunos autores (53, 54) sus resultados son comparables a los ensayos clonogénicos en células con alta eficiencia de plantaje, aunque parece poco recomendable cuando la misma es baja (55), por lo cual es poco utilizado para cultivos de células disociadas de tumores humanos o animales.

4. *Ensayo MTT*: Se basa en la capacidad que poseen las células viables (con función mitocondrial conservada) de convertir una sal de tetrazolio en un precipitado de formazan que, una vez disuelto en un solvente orgánico, puede ser medido con un espectrofotómetro. Fue descrito

inicialmente por Mossmann (56), y ha sido utilizado con éxito para la medición de la radiosensibilidad en líneas establecidas (57,58). La principal ventaja es su rapidez y automatización. Puede ser utilizado en células en suspensión. Su utilización en células procedentes de la disociación de tumores humanos o experimentales animales presenta el problema de la presencia de células normales que metabolizarían el colorante. Este problema puede ser resuelto con un cultivo de pocos días antes de realizar el test (58). Este ensayo ha sido comparado con ensayos clonogénicos en células procedentes de la disociación de tumores murinos (59) o humanos (60), encontrándose en ambos casos una correlación aceptable, aunque tiende a producir curvas más radioresistentes.

5. *Detección de roturas dobles de DNA*: Una de las lesiones moleculares que produce la irradiación son las roturas dobles de la cadena de DNA. Algunos autores han correlacionado la extensión de este tipo de rotura con la radiosensibilidad. El método más utilizado actualmente es la denominada Neutral Filter Elution (61), en la cual la tasa de paso de DNA con rotura doble a través de un filtro a pH neutro se toma como indicador del número de roturas dobles presentes. Este tipo de ensayo para medición de la radiosensibilidad ha sido criticado debido a que deben utilizarse dosis altas y a que produce curvas curvilineares. No obstante, varios autores han publicado relación entre la radiosensibilidad y el número de roturas dobles en diversas líneas celulares (62,63).

6. *Ensayos basados en el daño cromosómico*: Entre ellos se encuentran el test de Micronúcleos, test de Intercambios entre Cromátides Hermanas y conteo de Cromosomas Dicéntricos. Este último ha sido recomendado para realización de dosimetría biológica (64). Los micronúcleos son fragmentos cromosómicos que se encuentran en el citoplasma tras la irradiación celular. La proporción de células con micronúcleos indica la pérdida de la capacidad reproductiva y se correlaciona con la supervivencia en cultivos celulares irradiados (65,66).

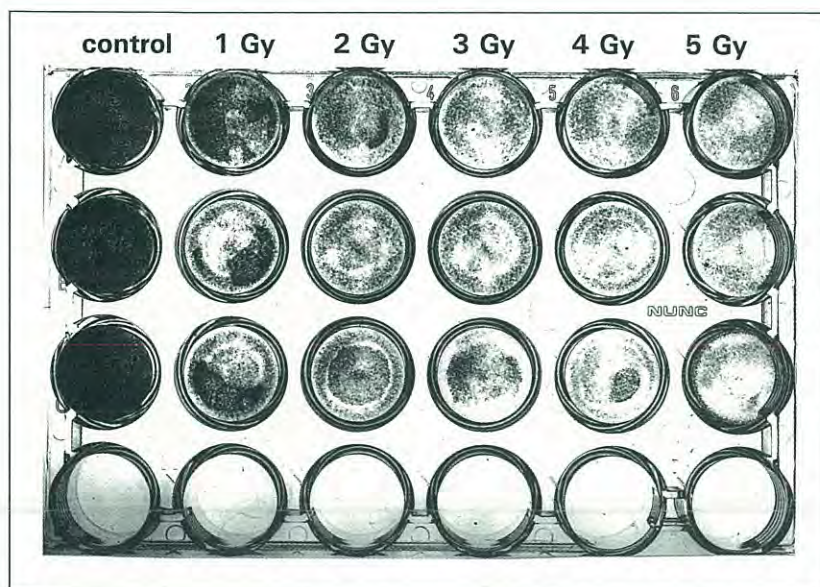


Figura 3. Método del cristal violeta. Ensayo de radiosensibilidad en una línea establecida.



BIBLIOGRAFÍA

1. Regaud C, Ferroux H. Discordance des effets des rayons X, d'une part dans la peau, d'autre part dans le testicule, par le fractionnement de la dose: diminution de l'efficacité dans la peau, maintien de l'efficacité dans le testicule. *Compt. Rend. Soc. Biol.*, 1927; 97:431-434.
2. Coutard H. Roentgen therapy of epitheliomas of the tonsillar region, hypopharynx, and larynx from 1920 to 1926. *Am. J. Roentgenol.*, 1932; 28:313-331.
3. Bergonié J, Tribondeau L. Interpretation de quelques résultats de la radiothérapie et essai de fixation d'une technique rationnelle. *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 1906; 143:983.
4. Strandqvist M. Studien über die kumulative Wirkung der Röntgenstrahlen bei Fraktionierung. *Acta Radiologica*, 1944; 55 (Suppl.):1-300.
5. Cohen L. Clinical radiation dosage. *Br. J. Radiol.*, 1949; 22:706-713.
6. Ellis F. Dose, time and fractionation. *Clin. Radiol.*, 1969; 20:1-6.
7. Orton CG, Ellis F. A simplification in the use of the NSD concept in practical radiotherapy. *Br. J. Radiol.*, 1973; 46:529-516.
8. Kirk J, Gray WM, Watson R. Cumulative radiation effects. Part I: Fractionated treatment regimens. *Clin. Radiol.*, 1971; 22:145-155.
9. Puck TT, Marcus PI. Action of X-rays on mammalian cells. *J. Exptl. Med.*, 1956; 103:653-666.
10. Elkind MM, Sutton H. X-ray damage and recovery in mammalian cells in culture. *Nature*, 1959; 184:1293-1295.
11. Douglas BG, Fowler JF. The effect of multiple small doses of X-rays on skin reactions in the mouse and a basic interpretation. *Rad. Res.*, 1976; 66:401-426.
12. Barendsen GW. Dose fractionation, dose rate and iso-effect relationships for normal tissues responses. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1982; 8:1981-1999.
13. Till JE, McCulloch EA. A direct measurement of the radiation sensitivity of normal mouse bone marrow cells. *Radiat. Res.*, 1961; 14:213-222.
14. Withers HR, Elkind MM. Microcolony survival assay for cells of mouse intestinal mucosa exposed to radiation. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1970; 57:88-103.
15. Ang KK, Xu FX, van Uytzel L, van der Schueren E. Repopulation kinetics in irradiated mouse lip mucosa: the relative importance of treatment protraction and time distribution of irradiations. *Rad. Res.*, 1985; 101:162-169.
16. Potten CS. The cell kinetics mechanism for radiation induced cellular depletion of epithelial tissue based on hierarchical differences in radiosensitivity. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1981; 40:217-225.
17. Moulder JE, Fischer JJ. Radiation reaction of rat skin: the role of the number of fractions and the overall treatment time. *Cancer*, 1976; 37:2762-2767.
18. Suit HD. Modifications of radiation response. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1984; 10:101-108.
19. Roestad EK, Brustad T, Johanessen JV, Mossige J. Effect of Co-60 gamma rays and DTIC on human malignant melanomas grown in athymic nude mice. *Br. J. Radiol.*, 1977; 50:314-320.
20. Hill RP, Bush RS. A lung colony assay to determine the radiosensitivity of the cells of a solid tumor. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1969; 15:435-444.
21. Barendsen GW, Broerse JJ. Experimental radiotherapy of a rat rhabdomyosarcoma with 15 MeV neutrons and 300 kV X-rays. I. Effects of single exposures. *Eur. J. Cancer*, 1969; 5:373-391.
22. Barendsen GW, Broerse JJ. Experimental radiotherapy of a rat rhabdomyosarcoma with 15 MeV neutrons and 300 kV X-rays. II. Effects of fractionated treatments applied five times a week for several weeks. *Eur. J. Cancer*, 1970; 6:89-109.
23. Sutherland RM. Cell and environment interactions in tumors microregions: the multicell spheroid model. *Science*, 1988; 240: 177-184.
24. Yuhas JM, Blake S, Weichselbaum RR. Quantitation of the response of human tumor spheroids to daily radiation exposures. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1984; 10:2323-2327.
25. Wheldon TE, Wilson L, Livingstone A, Russell J, O'Donoghue J, Gregor A. Radiation studies on multicellular tumor spheroids derived from human neuroblastoma: absence of sparing effect dose fractionation. *Eur. J. Cancer Clin. Oncol.*, 1986; 22:563-566.
26. Schwachhöfer JHM, Crooijmans MA, van Gasteren JM, Hoogenhout J, Jerusalem CR, Kal HB, Theeuwes GM. Radiosensitivity of different human tumor cell lines grown as multicellular spheroids determined from growth curves and survival data. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1989; 1015-1020.
27. Lange CS, Phil D, Djordjevic B, Brock WA. The hybrid spheroids assay for the intrinsic radio- and chemosensitivities of human tumors. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1992; 511-517.
28. Fertl B, Malaise EP. Intrinsic radiosensitivity of human cell lines is correlated with radioresponsiveness of human tumor: analysis of 101 published survival curves. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1985; 11:1699-1707.
29. Deacon J, Peckham MJ, Steel GG. The radioresponsiveness of human tumours and the initial slope of the cell survival curve. *Radiat. Oncol.*, 1984; 2:317-323.
30. Thacker J, Stretch A. Recovery from lethal and mutagenic damage during postirradiation holdings and low dose rate irradiations of cultured hamster cells. *Radiat. Res.*, 1983; 96:380-392.
31. Peacock JH, Cassoni AM, McMillan TJ, Steel GG. Radiosensitive human tumor cell lines may not be recovery deficient. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1988; 54:945-953.
32. Nielsen OS, Overgaard J. Influence of time and temperature on the kinetics of thermotolerance in L1A2 cells in vitro. *Cancer Res.*, 1982; 42:4190-4196.
33. Smalley SR, Kimler BF, Evans RG. 5-Fluorouracil modulation of radiosensitivity in cultured human carcinoma cells. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1991; 20:207-211.
34. Hughes LL, Luengas J, Rich TA, Murray D. Radiosensitization of cultured human colon adenocarcinoma cells by 5-fluorouracil: effects on cell survival, DNA repair and cell recovery. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1992; 23:983-991.
35. Marchetti E, Romero J, Sanchez R, Aragón G, De la Torre A, Ramón y Cajal S. Inducción de radioresistencia y radiosensibilidad celular en células transformadas por diferentes oncogenes. *Oncología*, 1993; 16:341.
36. Marchetti E, Romero J, Sánchez R, Vargas JA, Domínguez C, Laca JC, Ramón y Cajal S. Oncogenes and cell sensitivity to radiotherapy. (Manuscrito en preparación).
37. Chapman, Peters, Withers. Prediction of tumor treatment response. 1989. Pergamon Press.
38. Peters LJ, Brock WA, Chapman JD, Wilson G. Predictive assays of tumor radiocurability. *Am. J. Clin. Oncol.*, 1988; 11:275-287.
39. Brock WA, Baker FL, Wike JL, Sison SL, Peters LJ. Cellular radiosensitivity of primary head and neck squamous cell carcinomas and local tumor control. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1990; 18:1283-1286.
40. West CM, Davidson SE, Hendry JL, Hunter RD. Prediction of cervical carcinoma response to radiotherapy. *Lancet*, 1991; 338:818.
41. Potten CS, Hendry JH. Cell Clones: A manual of mammalian cell techniques. 1985. Churchill Livingstone, Edinburgh.
42. Freshney RI. Culture of animal cells: Manual of basic technique. 1983. Ala Liss Inc., New York.
43. Jakoby WB, Pastan IH. Cell culture. En: Methods in enzymology, vol. 58. Colowick SP y Kaplan NO, editores. 1979. Academic Press, New York.
44. Courtenay VD, Mills J. An in vitro colony assay for human tumours in immuno-suppressed mice and treated in vivo with cytotoxic agents. *Br. J. Cancer*, 1978; 37:261-268.
45. Hamburger AW, Salmon SE. Primary bioassay of human tumor stem cells. *Science*, 1977; 197:461-463.
46. West CML, Sutherland RM. A radiobiological comparison of human soft agar clonogenic assays. *Int. J. Cancer*, 1986; 37:897-903.
47. Rockwell S. Effects of clumps and cluster on survival measurements with clonogenic assays. *Cancer Res.*, 1985; 45:1601-1607.
48. Davidson SE, West CML, Roberts SA, Hendry JH, Hunter RD. Radiosensitivity testing of primary cervical carcinoma: evaluation of intra- and inter-tumour heterogeneity. *Radiat. Oncol.*, 1990; 18:349-356.
49. Duchesne GM, Peacock JH, Steel GG. The acute in vitro and in vivo radiosensitivity of human lung tumour lines. *Radiat. Oncol.*, 1986; 7:353-361.
50. Gillies RJ, Denton M. Determination of cell number in monolayer cultures. *Analytical Biochemistry*, 1986; 159:109-113.
51. Baker FL, Spitzer G, Ajani JA, Brock WA, Lukeman J, Pathak S, Tomasovic B, Thielvoldt D, Williams M, Vines C, Tolison P. Drugs and radiation sensitivity measurements of successful primary monolayer culturing of human tumor cells using cell adhesive matrix and supplemented medium. *Cancer Res.*, 1986; 46:1263-1274.
52. Friedman HM, Candilio P, Johnson G, Glaubiger DL. In vitro radiation survival curves from human tumor cell lines and primary human human tumor surgical explants using a 3H-thymidine assay. *Proc. Am. Assoc. Cancer Res.*, 1983; 24:316.
53. Twentyman PR, Walls GA, Wright KA. The response of tumour cells to radiation and cytotoxic drugs. A comparison of clonogenic and isotope uptake assays. *Br. J. Cancer*, 1984; 50:625-631.
54. Hanson JA, Bean EA, Coombs AM, Moore JL. A comparison of two in vitro assays of cell response following in vitro drug and radiation exposures of human tumour xenograft cell. *Br. J. Cancer*, 1985; 52:637-640.
55. Fox EN, Twentyman PR. A comparison of clonogenic and radionuclide uptake assays for determining the radiation response of human small-cell lung cancer xenografts and cell lines. *Br. J. Radiol.*, 1987; 60:381-388.
56. Mossman T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival application to proliferation and cytotoxicity assay. *J. Immunol. Methods*, 1983; 63:55-63.
57. Carmichael J, DeGraff WG, Gazdar AF, Minna JD, Mitchell JB. Evaluation of a tetrazolium-based semiautomated colorimetric assay. Assessment of radiosensitivity. *Cancer Res.*, 1987; 47:943-946.
58. Twentyman PR, Luscombe M. A study of some variables in a tetrazolium dye (MTT) bases assay for cell growth and chemosensitivity. *Br. J. Cancer*, 1987; 56:279-285.
59. Wasserman TH, Twentyman PR. Use of a colorimetric microtiter assay in determining the radiosensitivity of cells from murine solid tumors. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1988; 15:699-702.
60. Ramsay J, Ward R, Bleehen NM. Radiosensitivity testing of human malignant gliomas. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 1992; 24:675-680.
61. Bradley MO, Kohn KW. X-ray induced double-strand break production and repair in mammalian cells as measured by neutral filter elution. *Nucleic Acids Res.*, 1979; 7:793-804.
62. Radford IR. Evidence for a general relationship between the induced level of DNA double-strand breakage and cell killing after X-irradiation of mammalian cells. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1986; 49:611-620.
63. Wlodek D, Hittelman WN. The repair of double-strand DNA breaks correlates with radiosensitivity of L5178Y-S and L5178Y-R cells. *Radiat. Res.*, 1987; 112:146-155.
64. Fernández JL, Goyanes VJ, Losada C, Losada G, Veiras C. Valoración del daño cromosómico ocasionado por una dosis de rayos X. Comparación de los análisis de cromosomas dicéntricos, micronúcleos e intercambios entre cromátidas hermanas. *Radioprotección*, 1993; 1:5-16.
65. Midander J, Revesz L. The frequency of micronuclei as a measure of cell survival in irradiated cell populations. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1980; 38:237-241.
66. Grote SJ, Joshi GP, Revell SH, Shaw CA. Observations of radiation induced chromosome fragment loss in live mammalian cells in culture and its effects on colony forming ability. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1981; 39:395-408.

RADIOECOLOGÍA DE TRANSURÁNIDOS EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL



a contaminación residual de transuránidos debida al episodio accidental ocurrido en 1966 en Palomares, Almería, ha proporcionado una oportunidad única de estudiar su comportamiento ambiental.

Un amplio proyecto de investigación, integrado en el Programa Europeo de I+D de Radioprotección, se desarrolla en su ecosistema marino desde 1985. Entre sus principales objetivos destacan el estudio de los mecanismos que controlan el comportamiento de transuránidos y otros radionucleidos de vida larga en este ecosistema y la evaluación de su posible incorporación por el hombre a través de la cadena alimentaria marina.

La determinación por primera vez en España del inventario de plutonio y americio en sedimentos, la asignación de sus orígenes, la confirmación del transporte parcial tierra-mar de la contaminación residual de transuránidos a la Plataforma Continental adyacente y su tendencia a depositarse en el sedimento más que a permanecer en disolución, son algunos de sus resultados más relevantes.

Catalina Gascó, M^a Paz Antón
y Lourdes Romero
Centro de Investigaciones Energéticas,
Medio Ambientales y Tecnológicas
Instituto de Medio Ambiente
Avenida de la Complutense 22,
Madrid 28040



INTRODUCCIÓN

La incorporación masiva de radionucleidos artificiales (transuránidos y productos de fisión) al medio ambiente se debe a las numerosas detonaciones nucleares en la atmósfera llevadas a cabo durante los años cincuenta y sesenta. Estas explosiones han dado origen a una distribución estratosférica de radionucleidos que se van depositando lentamente en la superficie del planeta. Este tipo de ensayos fue suspendido definitivamente en el año 1980 (1).

Los océanos, que cubren el 71% de la superficie del planeta, fueron contaminados como consecuencia de estas detonaciones con radiactividad artificial denominada genéricamente "poso radiactivo"

o "fallout". Otras fuentes adicionales de radionucleidos son: las descargas controladas de instalaciones nucleares (Sellafield, Reino Unido ; Marcoule y La Hague, Francia ; Trombay, India ; CCNN de diversos países, etc.) , los vertidos, ahora conocidos, de residuos radiactivos realizados por la ex-URSS en los mares de Kara y Barents y las incorporaciones debidas a accidentes a escala mundial (satélite SNAP-9A) y local (Thule, Groenlandia; Palomares, España; Chernobyl, ex-URSS y países afectados por su pluma radiactiva) .

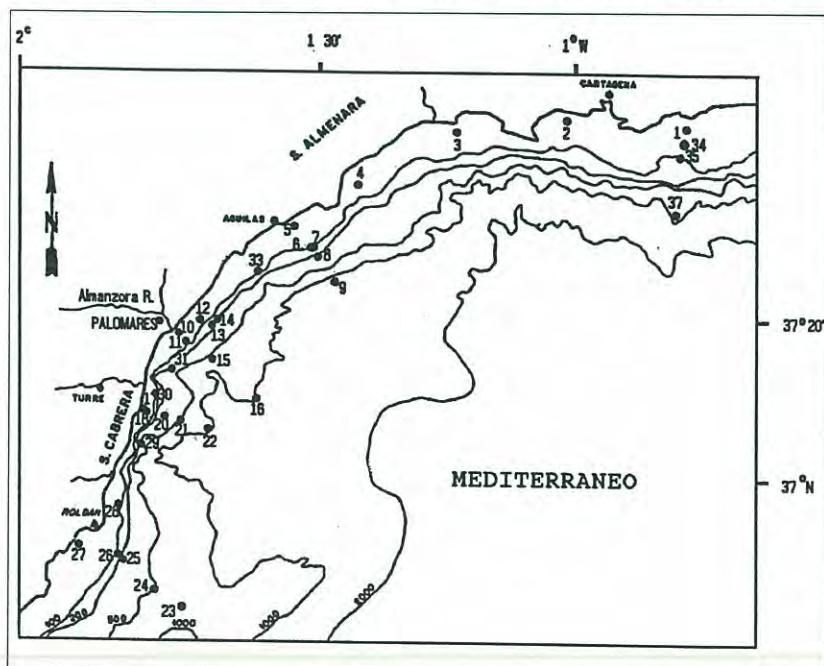
La radiactividad artificial existente en el Mediterráneo proviene del poso radiactivo global debido a las explosiones nucleares, de los vertidos de las plantas de reprocesado de combustible

irradiado y de las instalaciones nucleares, del transporte tierra-mar del depósito de radionucleidos en los países ribereños afectados por el accidente de Chernobyl de 1986 y del aporte local del accidente de Palomares ocurrido en 1966.

El accidente de Palomares produjo un aerosol de transuránidos que contaminó una extensión de 2.5 Km² (2). El área fue descontaminada mediante la aplicación de una serie de medidas correctoras entre las cuáles se destaca la retirada de los 10 primeros centímetros de suelo. En la actualidad, existe una concentración residual de estos elementos en su ecosistema terrestre, que si bien no tiene gran importancia desde el punto de vista radiológico permite el estudio de su comportamiento en un medio natural (2).

El transporte al mar de los transuránidos constituyentes del aerosol formado durante la explosión, su arrastre por el río o la continua incorporación por las lluvias del material resuspendido no se había estudiado hasta el año 1985, fecha en la que se inicia el estudio radi ecológico del medio marino adyacente al lugar del accidente (3).

La radi ecología de transuránidos en el mar Mediterráneo adquiere especial interés ya que su comportamiento puede ser singular en las condiciones de salinidad, temperatura y productividad biológica de una cuenca semi-cerrada, muy diferentes a las de los océanos, que han sido más estudiados (4).



Mapa: Zona de muestreo comprendida entre Cabo de Gata y Cabo de Palos

El factor más importante que determina la evolución de gran parte de los radionucleidos incorporados al mar es la existencia en la columna de agua de partículas en suspensión de diverso origen. Los radionucleidos se fijan a ellas por una variedad de mecanismos, sedimentando a continuación e incrementando el depósito del fondo marino. Investigaciones llevadas a cabo en diversos ecosistemas marinos indican que sólo el 4% de los transuránidos que se han incorporado al mar permanecen en disolución, concentrándose principalmente en los sedimentos (4,5). El conocimiento de la concentración de estos radionucleidos en los sedimentos del fondo marino nos mostrará, por tanto, el registro histórico de los fenómenos ocurridos en el medio.

En el presente trabajo se resumen los resultados de la distribución de Pu y Am en agua, partículas en suspensión, biota y sedimentos obtenidos en el ecosistema marino adyacente a Palomares. Se presentan también los factores de concentración y coeficiente de transferencia agua-sedimento obtenidos experimentalmente.

La contribución científica de este trabajo constituye un avance en el conocimiento de la radioecología de transuránidos en el mar Mediterráneo.

METODOLOGÍA

El estudio de la distribución de transuránidos en un ecosistema requiere una planificación minuciosa. El diseño y

establecimiento de una red de muestreo y la utilización de técnicas radioanalíticas ultrasensibles sometidas a un estricto control de calidad son algunas de las operaciones que deben ser realizadas.

Muestreo

La investigación en el ecosistema marino de Palomares ha precisado efectuar dos campañas de muestreo en su litoral:

— la primera a bordo del buque oceanográfico Coornide de Saavedra (año 1985) con el objeto de determinar el fondo radiactivo artificial de la zona no influida por el accidente y delimitar la zona de máximo aporte de transuránidos. Se muestrearon un total de 37 estaciones, comprendidas entre el Cabo de Gata y el Cabo de Palos a diversos niveles de profundidad: plataforma continental, talud y plano abisal (ver Mapa) (6,7).

— la segunda a bordo del buque oce-

anográfico Bannock (año 1991) con el objeto de establecer la batimetría específica del lugar donde había sido detectada la máxima concentración de transuránidos. Se muestrearon un total de 9 estaciones distribuidas a lo largo del complejo sistema de cañones que conforman la orografía submarina de esta zona. Se tomaron también muestras de agua, partículas en suspensión y biota (8).

La toma de muestras se realizó, en ambas campañas, con una draga tipo "box-corer" (9). Este mecanismo permite la obtención de testigos de sedimento de un diámetro de 18.5 cm y una longitud de hasta 40 cm, así como su seccionado "in situ". Con estas dimensiones es posible la separación de un anillo externo de 1 cm de espesor que elimina los posibles efectos de contaminación por arrastre y proporciona cantidad suficiente de sedimento para analizar los radionucleidos.

El agua fue muestreada con botellas Gerhard-Edwing de 200 l a varias profun-

TABLA I. INVENTARIO DE TRANSURÁNIDOS EN SEDIMENTOS DEL ECOSISTEMA MARINO DE PALOMARES (Bq/m²)

		²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
Plataforma Continental <200 m.	Zona "afectada"	250 - 1400	60 - 1500
	Zona "no afectada"	120 - 150	30 - 60
Talud 200-600 m.		10 - 25	10 - 22
Plano Abisal >600 m.		10 - 40	20 - 25

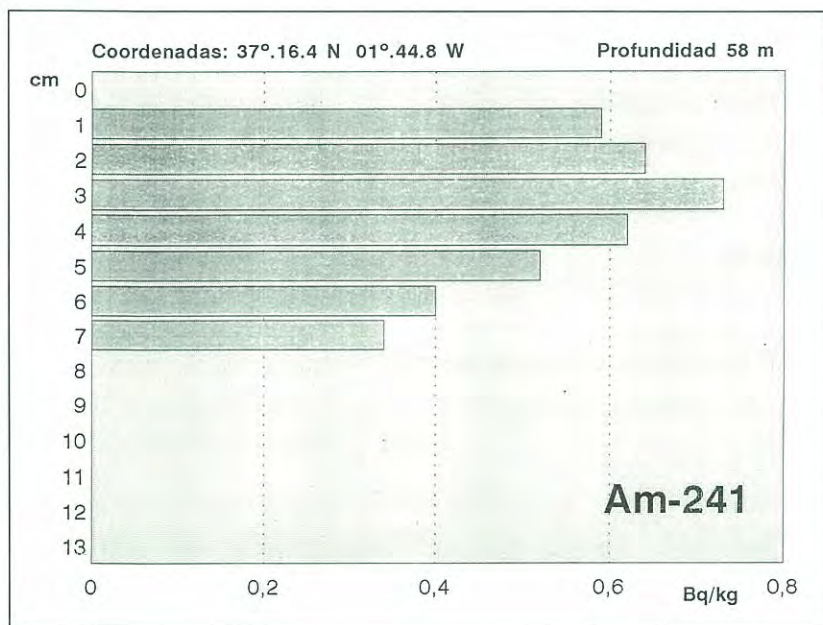


Figura 1. Perfil de concentración de actividades de $^{239+240}\text{Pu}$ en un testigo de sedimento de la plataforma continental donde la contribución de transuránidos se debe exclusivamente al poso radiactivo

tidades y en la zona de máxima concentración de partículas en suspensión.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

Pretratamiento

Los sedimentos fueron secados a 60°C hasta peso constante. Su homogeneización se realizó molturándolos en un molino de bolas. Una alícuota de 15 g se separó para el análisis radioquímico de plutonio y americio, y el resto para su medida por espectrometría gamma.

El agua de mar fue filtrada a través de un filtro de acetato de celulosa ($<0.45\mu\text{m}$). Los transuránidos fueron preconcentrados utilizando Fe(III) como portador y

precipitando hidróxidos en medio básico.

Las muestras biológicas (peces y crustáceos) fueron diseccionadas. Se seleccionó la parte comestible procediéndose posteriormente a su liofilización. El producto liofilizado fue secado hasta peso constante y calcinado a 500°C . Los transuránidos se analizaron en las cenizas resultantes.

Análisis

La determinación de los transuránidos se llevó a cabo mediante extracción secuencial con procedimientos normalizados del CIEMAT (10,11) en un total aproximado de 600 muestras. La medida se realizó mediante espectrometría alfa con detectores semiconductores de barrera de silicio.

La determinación de americio en las

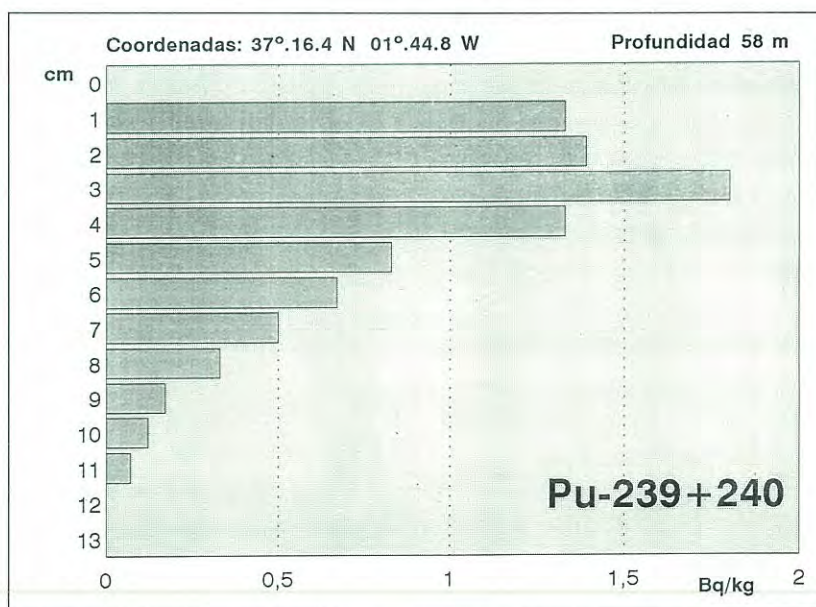


Figura 2. Perfil de concentración de actividades de ^{241}Am en un testigo de sedimento de la plataforma continental donde la contribución de transuránidos se debe exclusivamente al poso radiactivo

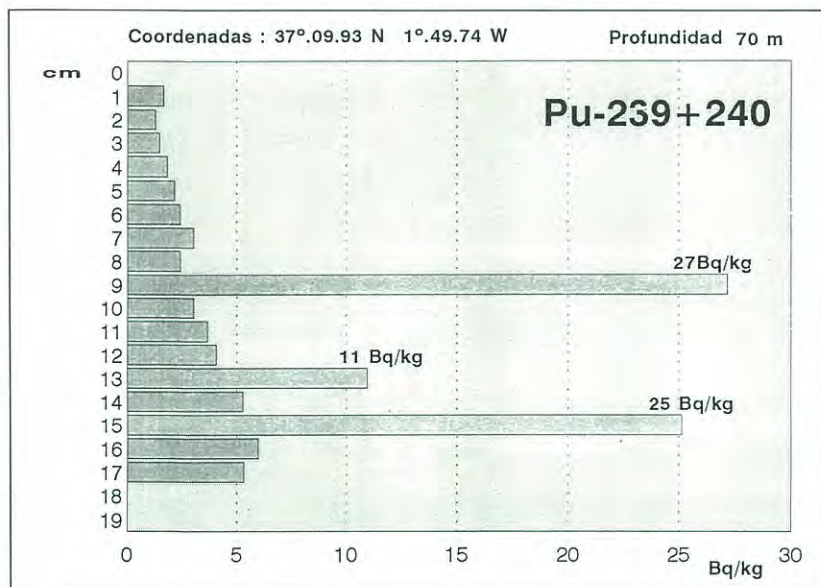


Figura 3. Perfil de concentración de actividades de $^{239-240}\text{Pu}$ en un testigo de sedimento de la plataforma continental donde se aprecia una contribución adicional de transuránidos.

muestras de mayor concentración se efectuó directamente por espectrometría gamma con un sistema para fotones de baja energías (LEPS).

Todos los procesos analíticos y de medida están sometidos a un estricto Control de Calidad. Esto supone el análisis de muestras patrón, blancos y duplicados, así como participación en intercomparaciones organizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

RESULTADOS

Los resultados de la concentración de actividad de transuránidos por unidad de superficie en la plataforma continental, talud y plano abisal del ecosistema marino de Palomares se recogen en la Tabla I

. Estos inventarios corresponden a la concentración total existente en el fondo marino desde la primera explosión nuclear, ya que abarcan todas las secciones del testigo de sedimento con actividades de transuránidos superiores a la actividad mínima detectable ($^{239+240}\text{Pu}$: 0.015 Bq/kg; ^{238}Pu : 0.014 Bq/kg; ^{241}Am : 0.030 Bq/kg).

En esa misma tabla, en el apartado correspondiente a la plataforma continental, se muestra el rango de inventario entre la zona que ha sido identificada

como no afectada por el accidente y la que ha sufrido un aporte adicional de transuránidos, con inventarios de Pu y Am más elevados.

Las Figuras 1 y 2 muestran perfiles típicos de concentración de actividad de transuránidos en un sedimento de la plataforma continental mediterránea afectado sólo por el poso radiactivo de carácter global, como se deduce de los niveles de actividad y de las relaciones isotópicas $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ y $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ (Tabla II).

Los perfiles de concentración de actividad de plutonio y americio en un testigo de sedimento de la plataforma continental afectado por el accidente se muestran en las Figuras 3, 4 y 5. Este sedimento se recogió al sur de la desembocadura del río Almanzora, en una zona donde se había detectado una concentración máxima de transuránidos en estudios precedentes (12).

Estas distribuciones de transuránidos no se corresponden con los perfiles característicos que se obtienen en sedimentos de la plataforma continental afectados exclusivamente por el fallout (compárese con los perfiles de las Figuras 1 y 2). La presencia de actividades de

TABLA II. RELACIONES ISOTÓPICAS EN SEDIMENTOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL CERCANA A PALOMARES

	Poso radiactivo global	Accidente Palomares
$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$	0.04 - 0.05	0.017 - 0.019
$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$	0.40 - 0.60	0.25 - 0.30

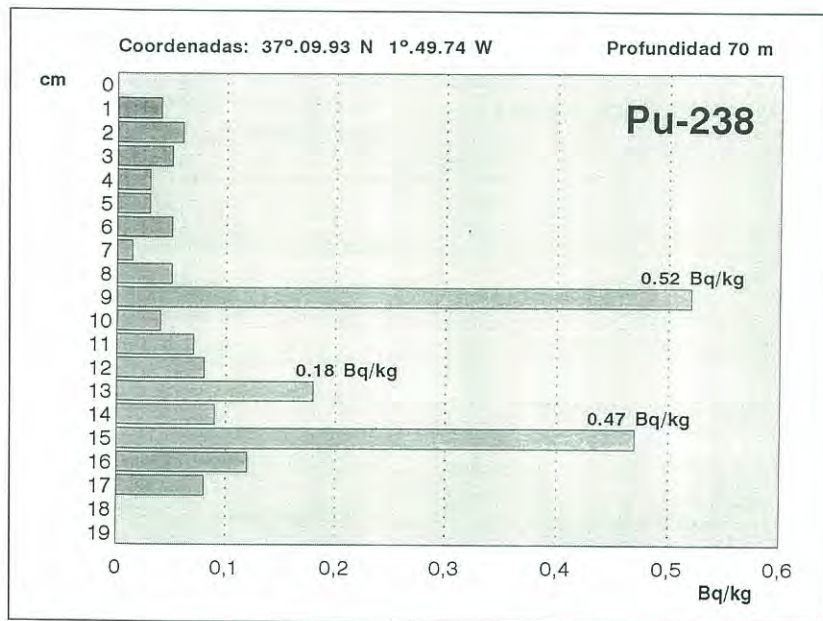


Figura 4. Perfil de concentración de actividades de ^{238}Pu en un testigo de sedimento de la plataforma continental donde se aprecia una contribución adicional de transuránidos.

Pu y Am anómalamente elevadas a distintas profundidades señala la existencia de una contribución adicional al poso radiactivo. Las relaciones isotópicas $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ y $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ (Tabla II) confirman que su origen es la contaminación originada por el material dispersado del artefacto nuclear en el accidente de 1966.

La existencia de concentraciones excepcionalmente altas de ^{241}Am (Figura 5) en algunas de las fracciones de sedimento analizadas por espectrometría gamma (11, 15 y 18 cm) sugieren de nuevo como fuente puntual el accidente de Palomares. Este americio distribuido en forma heterogénea está siendo aislado en la actualidad en los laboratorios del CIEMAT con el propósito de determinar el tamaño de partícula a la que está asociado y las características químicas de su

recubrimiento.

Una relación más detallada y completa del perfil de concentraciones de radionucleidos artificiales y naturales en sedimentos marinos, así como aspectos temporales y dinámicos del ecosistema de Palomares se recogen en una serie de publicaciones editadas en los últimos años (6, 7, 12, 13, 14, 15, 16).

Las rutas de transporte tierra-mar de los transuránidos dispersados durante el accidente se han determinado después de:

- establecer la procedencia del sedimento estudiando su distribución granulométrica y composición geoquímica y mineralógica
- reconstruir su historia deposicional mediante datación con ^{210}Pb

(6, 16).

Basándose en los resultados obtenidos se han identificado y propuesto dos vías de transferencia:

- (a) a través del río Almanzora debido al arrastre de suelos de Palomares por las riadas e inundaciones que se produjeron en la zona después del accidente, algunas de ellas consideradas como catastróficas (1973)
- (b) transporte directo por el viento del aerosol producido en el momento del accidente y su depósito posterior en el mar.

En efecto, en la franja costera (entre 0 y 100 metros de profundidad) paralela a Palomares y al sur de la desembocadura del río Almanzora se encuentran los sedimentos cuya composición muestra un claro origen terrígeno. Es precisamente en esta zona donde se encuentra la máxima concentración de transuránidos, confirmando el primero de los supuestos anteriormente mencionados (7, 13). La existencia de concentraciones anómalamente altas de estos elementos en estaciones muy alejadas de la costa (20 Km) confirma la segunda vía de transporte (6, 13).

La concentración de plutonio en agua filtrada ($<0.45\mu\text{m}$), partículas en suspensión, biota y sedimentos observada en Palomares se presenta en la Figura 6.

Los niveles de concentración de plutonio en agua de mar en este área son

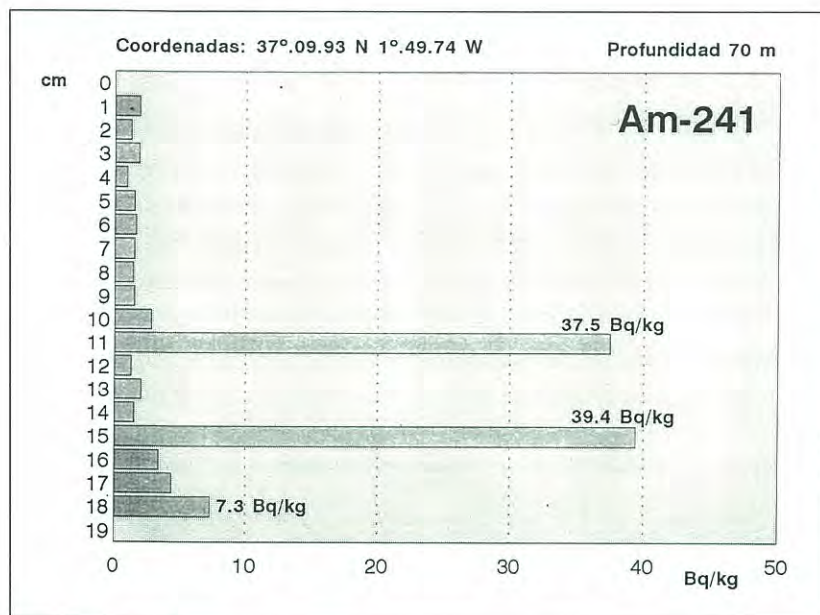


Figura 5. Perfil de concentración de actividades de ^{241}Am en un testigo de sedimento de la plataforma continental donde se aprecia una contribución adicional de transuránidos.

similares a los encontrados en otras zonas del Mediterráneo occidental (17). La relación isotópica $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ confirma que su origen es el poso radiactivo global.

La actividad de este elemento en disolución (zona costera: $16 \mu\text{Bq/l}$, zona profunda: $6 \mu\text{Bq/l}$) es superior a la que se observa en las partículas en suspensión (zona costera: $0.8 \mu\text{Bq/l}$, zona profunda: $0.2 \mu\text{Bq/l}$). El hecho de aparecer mayoritariamente disuelto puede explicarse teniendo en cuenta los factores locales que definen su tiempo de residencia en el agua: una tasa de sedimentación alta ($0.20\text{-}0.30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$), un coeficiente de transferencia agua-sedimento elevado ($10^4\text{-}10^6 \text{ l/kg}$) y una gran actividad biogénica. En esta zona, el proceso de sedimentación se produce a mayor velocidad que en otras áreas del Mediterráneo y por ello, la mayor parte del Pu particulado se encuentra ya depositado en los sedimentos del fondo marino.

Los factores de concentración agua-

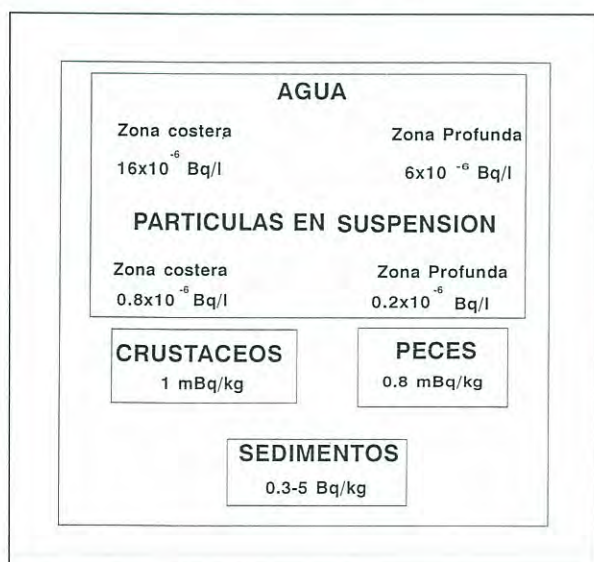


Figura 6. Concentración media de actividades de plutonio observada en agua filtrada ($<0.45 \mu\text{m}$), partículas en suspensión, fauna y sedimentos en el ecosistema marino de Palomares.

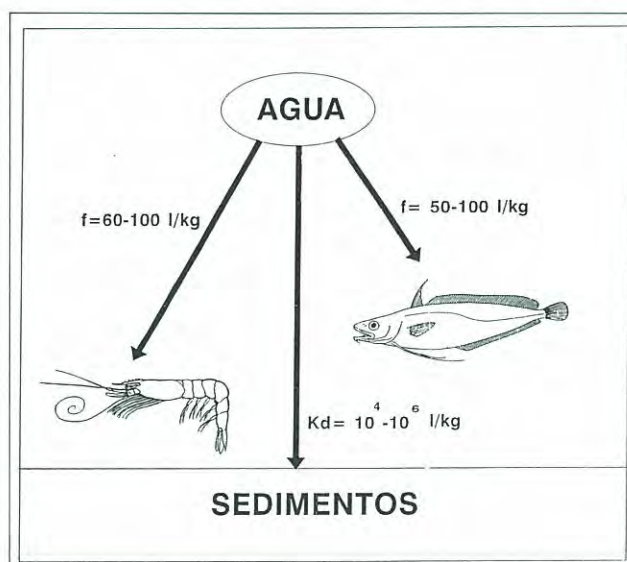


Figura 7. Factores de concentración agua-peces, agua-crustáceos y K_d agua-sedimento para plutonio determinados experimentalmente en el ecosistema marino de Palomares.



crustáceos (60-100 l/kg), agua-peces (50-100 l/kg) y el cociente de transferencia agua-sedimento ($K_d=10^4-10^6$ l/kg) concuerdan con los recogidos en la bibliografía (17,18) y muestran claramente los bajos factores de concentración que tienen las especies más consumidas por los habitantes de la zona (Figura 7).

CONCLUSIONES

Del estudio detallado de toda la zona marina adyacente a Palomares se puede concluir que:

- Se ha confirmado el transporte tierra-mar de elementos transuránidos después del accidente de Palomares, con una distribución inhomogénea en las zonas marítimas de la plataforma continental "afectada". Las rutas de transferencia más probables han sido el transporte por arrastre de los suelos de Palomares debido a las riadas acontecidas en la zona y el depósito directo del aerosol en el mar en el momento del impacto.
- Los inventarios globales de Pu y Am en la zona de la plataforma no afectada por el accidente son comparables a los de otras áreas del Mediterráneo y decrecientes con la profundidad. Al sur de la desembocadura del río Almanzora se obtienen los inventarios más elevados, debido a la contribu-

ción adicional de transuránidos procedentes del accidente ocurrido en 1966.

- Se estima, de manera aproximada, que el aporte de transuránidos en la zona sur de la desembocadura del río Almanzora debido a este accidente es unas tres veces mayor que el producido por el poso radiactivo de las pruebas de armamento nuclear.
- Los transuránidos se encuentran en aguas cercanas a la costa en una concentración más elevada que en aguas profundas (un factor x 2) y mayoritariamente en disolución, observándose un porcentaje asociado a partículas en suspensión entre un 1%-6%. Las relaciones isotópicas confirman que el origen del plutonio encontrado en el agua y las partículas es debido al poso radiactivo global. La mayor parte del plutonio y americio transferido al mar procedente del accidente se encuentra ya depositado en los sedimentos porque no se encuentran indicios en la columna de agua, lo cual está de acuerdo con los valores experimentales deducidos para el factor de transferencia agua-sedimento. Los sedimentos han actuado en esta zona como sumidero de la contaminación vertida.
- La cadena trófica agua ----->partículas en suspensión ----->biota analizada es sencilla pero resume

la principal vía de transferencia al hombre.

Los niveles de transuránidos hallados en los eslabones superiores de la cadena alimentaria, no difieren de los niveles encontrados en otras zonas del Mediterráneo y proceden del poso radiactivo de carácter global.

En consecuencia, y desde el punto de vista de protección radiológica, la concentración de actividad de Pu y el Am encontrada en la zona permite afirmar que no existe ningún riesgo significativo para la población que pudiera consumir productos marinos procedentes de Palomares.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al I.E.O (Instituto Español de Oceanografía) y a la ENEA (Ente Nacional para la Energías Alternativas) la colaboración prestada en esta investigación, así como a las tripulaciones de los B/O Bannock y Coornide Saavedra. Desean dejar constancia de la magnífica tarea analítica desarrollada por J. Meral y A. González. También quieren expresar su gratitud a J. Gutiérrez por sus sugerencias y, en especial, a D. Cancio por sus consejos y acertadas correcciones.

Asimismo, desean mencionar la ayuda económica recibida por las Instituciones ENRESA, CICYT y CE sin la cual esta investigación no hubiera podido llevarse a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR (1993) Sources and effects of Ionizing Radiation. New York.
- (2) Iranzo, E., Salvador, S., Iranzo, C.E. (1987). Air concentrations of ^{239}Pu and ^{240}Pu and potential radiation doses to persons living near Pu-contaminated areas in Palomares, Spain. *Health Physics* 52, 453.
- (3) Iranzo, E., Gascó, C., Romero, L., Deyá, M., Mingarro, E., Rivas, P., Rodríguez, C., Guerrero, J., Jornet, A., Lobo, A.M. (1989) Plutonium, americium and stable heavy metals in marine sediment. Study of the factors governing the transport from water to the sediment. EUR 13268 DE/EN/FR. Volumen 1.
- (4) Walters, R.L., Edington, D.N. et al. (1980). Synthesis of the research literature. In: *Transuranic elements in the environment*. W.C. Hanson Ed. Technical Information Center, U.S., D.O.E..
- (5) Hetherington, J.A. & Jefferies, D.F. (1974). The distribution of some fission products /radionuclides in sea and estuarine sediments. *Neth. J. Sea Research*, vol. 8, 319.
- (6) Romero, L. (1991). Estudio del transporte tierra-mar de elementos transuránicos. Aplicación al accidente de Palomares (Almería) de 1966. Colección de la Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral.
- (7) Gascó, C. (1990). Estudio de la distribución de plutonio en el ecosistema marino de Palomares después de una descarga accidental de un aerosol de transuránicos. Colección de la Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral nº104/91. M-11189-1991.
- (8) Gascó, C., Romero, L., Antón, M.P. (1991). Informe sobre el muestreo de sedimentos marinos en la plataforma costera cercana a Palomares. CIEMAT/IMA/UGIA/M5A07/08/91.
- (9) Papucci, C. et al. (1986). A modified box-corer and extruder for marine pollution studies. *Continental Shelf Research* 6, 67.
- (10) Gascó, C. (1989). Procedimiento para la determinación de plutonio en muestras ambientales MA/17 (revisión 0).
- (11) Romero, L. (1989). Procedimiento para la determinación de Am-241 en muestras ambientales PR-X3-01.
- (12) Gascó, C., Iranzo, E. y Romero, L. (1992). Transuranic transfer in a Spanish marine ecosystem. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 156, nº1, 151-163.
- (13) Romero, L., Lobo, A.M., Holm, E. y Sánchez, J.A. (1991). Transuranics contribution off Palomares coast: tracing history and routes to the marine environment. In *Radionuclides in the study of marine processes*. Edited by P.J. Kersaw and D.S. Woodhead. Elsevier Science publisher, U.K.
- (14) Romero, L., Lobo, A.M. y Holm, E. (1992). New aspects on the transuranics transfer in the Palomares marine environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 161, nº2, 489-494.
- (15) Iranzo, E., Gascó, C., Romero, L., Martínez, A., Mingarro, E., y Rivas, P. (1989). Temporal distribution of Pu and Am in the marine environment of the Southern coast of Spain. Report CIEMAT 641. ISBN 84-7834-035-1.
- (16) Gascó, C., Romero, L., Mingarro, E. y Lobo, A.M. (1992). Geochemical aspects and distribution of long-lived radionuclides in marine sediments from Palomares. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 161, nº2, 389-400.
- (17) IAEA Marine Environment Laboratory (1991). Biennial Report 1989-1990. Mónaco. págs 29-30.
- (18) Sediments Kds and Concentration factors for radionuclides in the marine environment. IAEA. Technical reports series 247. Vienna, 1985.





OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: UNA MANERA DE PENSAR EN PLENA EVOLUCIÓN

E

l Sr. G.A. M. Webb es una destacada autoridad en materia de protección radiológica. Desde 1972 a 1993 ha trabajado en el NRPB del Reino Unido siendo en los últimos seis años el secretario del Consejo. Ha actuado durante más de 20 años en organizaciones internacionales, como consultor de UNSCEAR, OIEA, AEN/OCDE, y miembro de ICRP desde 1980. Siempre se ha interesado por la optimización de la

protección y ha presidido el Grupo de Trabajo responsable de la Publicación 55 de ICRP sobre Optimización y Toma de Decisiones en Protección Radiológica.

En la actualidad, el Sr. Webb trabaja en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) como Jefe de la Sección de Seguridad Radiológica. Esta Sección es responsable de todos los aspectos de protección radiológica incluyendo la redacción de normas y guías de Seguridad, la organización de contratos de investigación y la provisión de asistencia técnica.

G.A.M. Webb

Consejo Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (NRPB) actualmente Jefe de la Sección de Seguridad Radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)

Este trabajo fue presentado como Ponencia Preliminar en el Cuarto Seminario Científico Europeo sobre Optimización de la Protección Radiológica realizado en Luxemburgo, 20-22 de abril de 1993

Agradecemos al autor su autorización para efectuar su traducción y publicación en esta Revista.

1. INTRODUCCIÓN

Medité mucho sobre el título que debía poner a esta ponencia preliminar, y creo que he conseguido expresar en pocas palabras lo que seguramente terminará siendo la conclusión global de este seminario. Desde luego el título oficial del seminario parece bastante más positivo con sus referencias a los "logros" - de los que todos nos deberíamos enorgullecer - y a las "oportunidades" - que todos deberíamos aprovechar al máximo. No obstante, me parece que el tema de la optimización de la protección, aunque ha avanzado bastante, continúa todavía en fase de desarrollo, y que la característica esencial de dicho desarrollo es el reconocimiento de que lo que se necesita es una "forma de pensar" que nos permita utilizar las herramientas que existen, las ayudas a la decisión, los árboles analíticos, etc.

Con esta introducción no pretendo adelantarme a la revisión y a las ponencias sobre temas específicos que encabezarán las cuatro sesiones principales. Todas ellas son fruto de unos grupos de trabajo que han realizado unas revisiones exhaustivas y convenientemente investigadas y referenciadas de sus respectivos tópicos. Asimismo, plantean una serie de preguntas e ideas que estimularán y ayudarán a centrar nuestras discusiones durante los próximos tres días. Lo que pretendo es esbozar un contexto más amplio en el que tratar los temas más específicos. Dicho contexto es el de la seguridad y la asignación de recursos, y especialmente el de cómo el desarrollo

histórico incide en nuestra situación actual y en lo que podemos hacer ahora.

Como soy consciente de que este seminario no cubrirá todos los aspectos de la optimización, tocaré además algunos puntos que encontrarán eco en distintas ponencias. De esa forma, intentaré averiguar por qué la optimización parece aplicarse de forma tan heterogénea, incluso en el campo de la protección radiológica, y determinar si las causas son razonables.

2. EL DESARROLLO DE LA SEGURIDAD

Si fuera una cuestión de libre albedrío, casi todo el mundo intentaría hacer lo que fuera cuidando la seguridad. Adelantándome a las objeciones más inmediatas y lógicas a lo anterior, referentes a los alpinistas, practicantes de la caída libre, saltadores de esquí, etc., diré que si lo que uno quiere hacer encierra un riesgo, uno lo aceptará como parte de los "beneficios" que por otro lado aporta la actividad; no obstante, los alpinistas no aceptarían de buen agrado que sus clavos fueran de inferior calidad, los paracaidistas prefieren que sus paracaídas estén correctamente plegados y los saltadores de esquí llevan casco.

El mayor énfasis sobre la seguridad se produce en el contexto de las actividades que le vienen a uno impuestas más que en las voluntarias, por lo que la gente no puede claramente actuar a su libre albedrío. Inevitablemente, existirá alguien

más que quiera el producto de la actividad, probablemente sin demora y normalmente a bajo coste. Esto nos enfrenta a uno de los aspectos éticos fundamentales de la seguridad: la distancia que separa al que paga el coste del que recibe el beneficio, o como solía ser antaño, al que se ahorra el dinero del que sufría el daño.

La historia de la seguridad está indisolublemente ligada a la del desarrollo industrial. El comienzo de los procesos de extracción a gran escala, el paso a la industria pesada y la invención de las fábricas hicieron que muchas personas se vieran obligadas a trabajar para "patrones" remotos bajo condiciones muy distintas a las conocidas por sus antepasados, principalmente agrícolas, con nuevas condiciones que conllevaban un alto riesgo de lesiones o muerte. En aquellos tiempos, que convendría recordar coincidieron con una época en la que muchos países todavía practicaban la esclavitud, la gente era considerada esencialmente como un engranaje más en la maquinaria industrial, útil mientras seguía funcionando pero fácilmente reemplazada en caso de avería o agotamiento. Una parte importante de las primeras presiones ejercidas para mejorar las condiciones se centraba en aspectos básicos, tales como un sueldo suficiente como para poder cobijar, alimentar y vestir a la familia, pero la idea de mejorar las condiciones de seguridad en el trabajo no tardaría mucho en hacer acto de presencia. De la presión ejercida por la emergente conciencia social se derivó una serie de acciones, entre las que des-



taca por ser una de las primeras y más efectivas la encaminada a prohibir el empleo de niños en trabajos peligrosos, como la limpieza de chimeneas. Aunque la figura que recordamos ahora es la del deshollinador infantil, los principales problemas se daban en aquella época en las industrias masificadas, por ejemplo en las fábricas de algodón. Este tipo de presiones era más efectivo cuando daba lugar a medidas gubernamentales y a leyes decisivas, tales como la Ley de Salud y Moralidad de los Aprendices de 1830, del Reino Unido. Estas presiones se acentuaron con el reconocimiento por parte de los patronos de su responsabilidad en la seguridad de sus empleados. Esta oleada de actividad filantrópica supuso un enorme paso hacia delante, pero todavía era excesivamente paternalista y seguiría siéndolo hasta bien entrado el siglo veinte.

La seguridad era inicialmente un tema bastante simple y se centraba principalmente en las lesiones y muertes. Estaba dirigida a la gran industria, apoyada por una legislación y su cumplimiento vigilado por "inspectores del estado". Los requisitos eran bastante fáciles de especificar y su aplicación se medía de una forma directamente cuantificable. El objetivo en última instancia era, aunque no se declarara abiertamente como tal, evitar los fallecimientos y accidentes graves en la industria. Este objetivo se veía entorpecido por la intransigencia de los patronos (salvo en algunos casos excepcionales de iluminación), la ineptitud de los trabajadores, los costes y una tecnología inadecuada.

En este sentido restrictivo la seguridad ha avanzado enormemente, aunque la meta está aún por alcanzar. De hecho, es dudoso que se pueda llegar a alcanzar, en el sentido de que es difícil creer que tecnologías complejas que impliquen condiciones y sustancias peligrosas, operadas por personas (ya sea directamente o mediante ordenadores) y sujetas a fuerzas naturales puedan llegar a ser completamente "seguras". Todo lo más que se puede conseguir en la práctica es que la probabilidad (a priori) y la frecuencia (observada) de los accidentes sean aceptablemente bajas. Ahora podremos utilizar otros términos, pero la seguridad es algo por lo que todavía hay que luchar, a juzgar por los otros objetivos prioritarios de los empresarios, la, a veces insuficiente, preparación y motivación de los trabajadores, la limitada disponibilidad de fondos y el diseño todavía en evolución de los equipos relacionados con la seguridad.

El cambio que empezó a instrumentarse durante el período que siguió a la Primera Guerra Mundial fue consecuencia del reconocimiento de que la seguridad no era exclusivamente responsabilidad del gobierno (nunca habría un número suficiente de inspectores) ni tampoco del empresario (ya actuara éste bajo presión estatal o por razones filantrópicas), sino que también competía a los propios trabajadores. Este concepto, y los papeles del empresario y del trabajador, se definieron con mayor claridad en lo que se ha dado en llamar el Dictamen de Legge. Legge decía que "En tanto en cuanto el empresario no haga todo lo que debe - y

todo significa bastante - el trabajador no podrá hacer nada para protegerse, aunque naturalmente está dispuesto a poner de su parte". Este concepto de responsabilidad compartida ofrece la posibilidad de ir sustituyendo la imposición de unas normas cada vez más complejas y detalladas por una situación más activa y cooperativa de autorregulación conjunta entre empresarios y trabajadores, es decir un sistema mucho más "seguro" aunque discutible. La aceptación de esta responsabilidad compartida también ayudaría a mitigar los "factores humanos" que pueden socavar la seguridad, y que normalmente se pueden relacionar con una falta de interés y comprensión.

Un cambio mucho más reciente del modo de pensar, y que podría tener las consecuencias más importantes por sus implicaciones, es el creciente reconocimiento de que la seguridad, la eficacia y la productividad no tienen por qué ser incompatibles. Lo que pretende el concepto de la gestión global de la calidad es promover estos tres aspectos de forma que se complementen y exista una cierta sinergia entre sí, posibilitando con ello la obtención de una fuerza de trabajo consciente y motivada, preocupada por la seguridad y la calidad.

3. LA SEGURIDAD EN LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El objetivo de la protección radiológica es totalmente congruente con lo manifestado anteriormente sobre la seguridad en general, y tan difícil como éste de conse-

guir. Los reactores y demás instalaciones grandes son tan complejos y especializados que han originado una disciplina separada de la "Seguridad Nuclear"; pero visto en un contexto más amplio, se trata sencillamente de la parte de la actividad que se centra en los grandes accidentes, que se complementa con los esfuerzos en materia de seguridad llevadas a cabo en instalaciones más pequeñas y otros campos de aplicación. A pesar de Chernobyl, se puede decir que las cifras de fallecimientos y de heridos graves a causa de accidentes relacionados con la energía nuclear y con otras aplicaciones de la radiación o radiactividad son comparables.

Después de la importante divergencia que aparentemente se produjo en los conceptos básicos de la seguridad nuclear y la protección radiológica, parece ser ahora que la filosofía, el equilibrio entre los objetivos y su viabilidad, los factores que inciden en esta viabilidad y los mecanismos empleados para obtener mejoras son bastante similares en ambos conceptos.

4. EL DESARROLLO DE LA PROTECCIÓN

Como ya se ha expuesto, en materia de seguridad el énfasis se ponía al principio en los peligros más inmediatos y evidentes. La profesión médica reconoció desde los primeros momentos que había otras enfermedades provocadas por las condiciones de trabajo, particularmente por la exposición a venenos y productos

tóxicos, pero era difícil atribuir las directas e inequívocamente a dichas condiciones, y aun más difícil generar un clima de responsabilidad que hiciera que el empresario se interesara por unas enfermedades que generalmente no se manifestaban hasta después de jubilado el empleado (aun cuando su jubilación fuera a consecuencia de una de estas enfermedades).

Progresivamente, la combinación de la nueva conciencia social y de un vínculo claro entre enfermedades específicas y determinados tipos de trabajo fue dando lugar a avances legislativos para compensar a los afectados y limitar la exposición a las condiciones que causaban dichas enfermedades. En la mayoría de los casos esta limitación se consideraba un asunto bastante obvio, y consistía en establecer niveles de exposición por debajo de los cuales no se presentaban (muchos) casos de la enfermedad. Esta idea tuvo un enorme éxito, era eminentemente práctica y aún sigue siendo uno de los conceptos básicos del control de la exposición a sustancias peligrosas.

Al hacerse más opulenta la sociedad, las ideas que surgieron en el lugar del trabajo se trasladaron al entorno público, particularmente en lo referente a la normativa para mejorar la calidad del aire y del suministro de agua. Estas mejoras se consiguieron con la imposición de restricciones sobre las cantidades de sustancias nocivas que las industrias podían descargar al medio ambiente. En la mayoría de los casos, se perseguía lograr en el entorno público unas concentraciones inferiores a las que se sabía causa-

ban enfermedades en el trabajo.

No obstante, y a pesar de la dificultad de demostrarlo tajantemente, con el paso del tiempo se ha ido reconociendo que muchas sustancias peligrosas encierran un riesgo potencial incluso a muy bajos niveles de exposición. Si aceptamos esto, significaría que no existiría ningún nivel de exposición que se pudiera considerar "seguro" en el sentido más estricto de la palabra, y la situación de control se acercaría más a la que finalmente se ha adoptado para la seguridad, a saber que el objetivo consiste en minimizar (por adelantado) la probabilidad y la frecuencia (observada) de los efectos dañinos, dentro de las limitaciones impuestas por los recursos disponibles y por las posturas de los empresarios, trabajadores y público en general.

5. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Es evidente que la situación que acabo de describir ha sido la base generalmente reconocida de la protección contra radiaciones ionizantes, durante más tiempo para éstas que para la mayoría de las sustancias peligrosas. Ha llevado inexorablemente a un concepto de optimización de la protección por el que se acepta la imposibilidad de alcanzar la seguridad total, y el tener que normalmente aceptar, o al menos tolerar!, algún nivel de exposición al agente peligroso.

Uno de los fundamentos de esta aceptación es el concepto de la transferencia de los beneficios y los perjuicios. Nor-



malmente, no suelen pertenecer al grupo que obtiene el beneficio directo aquéllos a los que se les pide que acepten el perjuicio; la única excepción destacable es el caso de los sujetos sometidos al diagnóstico o tratamiento médico. Dado lo fundamental de este aspecto, merece la pena analizarlo y asegurarnos de que nos satisface plenamente.

La teoría filosófica que constituye el modelo para la optimización es la del utilitarismo, que considera como mejor resultado para la sociedad el de la mayor felicidad neta, siendo la felicidad neta la distribución total de placer menos la distribución total de dolor. Como toda teoría ética, tiene sus defensores y detractores; los últimos señalan la dificultad para cuantificar todos los componentes de la suma algebraica del dolor y del placer, y las injusticias que se podrían derivar de una distribución desigual. En su forma más pura, el utilitarismo aceptaría una situación en la que unos pocos sufrieran considerable dolor para conseguir un modesto aumento de la felicidad de la mayoría. Por su parte, los defensores exponen que es posible evitar esta situación si se establecen unos límites a los niveles de dolor del individuo, y aunque reconocen la dificultad de su cuantificación, argumentan que su mero intento asegura que se reconozcan las consecuencias importantes de las decisiones. También subrayan los principales méritos de la teoría: su universalidad y su coherencia interna.

Los que trabajamos en el campo de la protección radiológica estamos familiari-

zados con la injusticia potencial de la teoría, que lleva a la necesidad de límites de dosis como parte del sistema global, y con la dificultad de cuantificar los datos necesarios; pero, siempre que estos aspectos se comprendan y sean aceptados, la teoría nos proporciona una base consistente para tomar decisiones. Al saber, además, por qué algunos se sentirán incómodos con el resultado del álgebra, podremos, conforme se vaya evolucionando la forma de pensar, adaptar nuestras decisiones de forma que se pueda tener en cuenta algunos de sus pareceres.

Ya conocemos los debates sobre lo que constituye un nivel de riesgo aceptable o tolerable y los organismos que deben establecer tales niveles. Implícito en el concepto de la responsabilidad compartida y autorregulación tratado anteriormente está la idea de que los que tendrán que aceptar los riesgos deberían intervenir en el establecimiento de los niveles de riesgo. Este concepto ha sido plenamente aceptado e implantado en el Reino Unido, a través de la Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 1974, puede verse a nivel internacional en la participación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el desarrollo de la Normativa Básica de Seguridad, se está imponiendo mediante una mayor participación pública en la toma de decisiones sobre el uso o abuso del medio ambiente y seguirá, en mi opinión, desarrollándose entrado el siglo XXI.

Como ejemplos de los cambios en el énfasis y la aplicación, se podrían citar las modificaciones en la definición de

detrimento introducidas por la ICRP para incluir abiertamente a los cánceres no letales, con factores de ponderación ideados para reflejar el punto de vista de la sociedad, y para asignar el mismo peso a los efectos hereditarios serios, independientemente de la generación en que se produzcan. El control de las iniquidades se refleja no sólo en los límites de dosis sino también, en algunos casos, asignando valores equivalentes más altos a altas dosis individuales que a dosis bajas. Nuestro conocimiento de la base filosófica nos ayuda a comprender por qué éstas y otras modificaciones parecen "correctas".

Otro argumento que a veces se emplea en contra del utilitarismo es que implica poner un precio a la vida humana, lo que es éticamente inaceptable desde el momento en que toda vida está por encima de cualquier cuantificación. Este argumento falla al no reconocer que lo que se está haciendo en realidad es asignar un valor a los recursos necesarios para salvar vidas y evitar el sufrimiento, en otras palabras para distribuirlos de la forma que permita hacer el mayor bien posible.

Un aspecto del utilitarismo que puede haberlo hecho atractivo para los reguladores, especialmente los de orientación científica, es la forma en que encaja con su visión global del mundo. Ahora aceptamos que las actitudes de las personas hacia los riesgos y los beneficios están condicionadas no sólo por la práctica que dé lugar a los mismos (las diferentes posturas en lo relativo a la radiación de

origen nuclear o médico), sino también por la visión global del individuo con respecto a los demás. Las visiones globales constituyen los contextos personales que determinan las orientaciones de las personas hacia los riesgos. La teoría cultural define una serie de tipos de visión global, viniendo los tres ejemplos siguientes a cubrir el espectro:

- (a) "jerárquico", gusto por el orden, respeto de la autoridad, promotor del desarrollo y consideración de la naturaleza como algo tolerante;
- (b) "individualista", gusto por la libertad personal, poca simpatía por las normas, involucrado en el desarrollo y consideración de la naturaleza como algo robusto y resistente;
- (c) "igualitario", abogado de la igualdad, aceptación de la autoridad pero con cierta desconfianza, consideración de la naturaleza como algo frágil.

Muchos aspectos del utilitarismo resultarán atractivos para los que mantienen posturas jerárquicas, particularmente los aspectos de orden, de dependencia de la autoridad establecida para sus bases y de la aceptación del equilibrio entre riesgo y beneficio. Generalmente, los individualistas rechazarán las restricciones implícitas, se mostrarán reacios a aceptar el concepto de "el mayor beneficio para todos" y considerarán exagerada la preocupación por los sistemas naturales. De los igualitarios se podría esperar

que apoyarán los sistemas, y de hecho lo hacen por su concepto de maximización del beneficio global, pero desconfían del concepto de que males y beneficios puedan ser realmente intercambiables, especialmente si la naturaleza parece estar amenazada. La mayoría de los "ecologistas" tenderán a tener una visión global igualitaria; sospecho, por el contrario, que la mayoría de los asistentes a este simposio, y por cierto de los encargados de elaborar un marco para la protección radiológica, serán de carácter jerárquico.

Es preciso que seamos conscientes de estos aspectos condicionantes de las actitudes personales, para que podamos presentar nuestro análisis de las opciones y enmarcar nuestros consejos de forma que quede claro que comprendemos el contexto global en el que se van a considerar. Esto conlleva una serie de implicaciones en cuanto a la forma en que se debería desarrollar la gestión del riesgo.

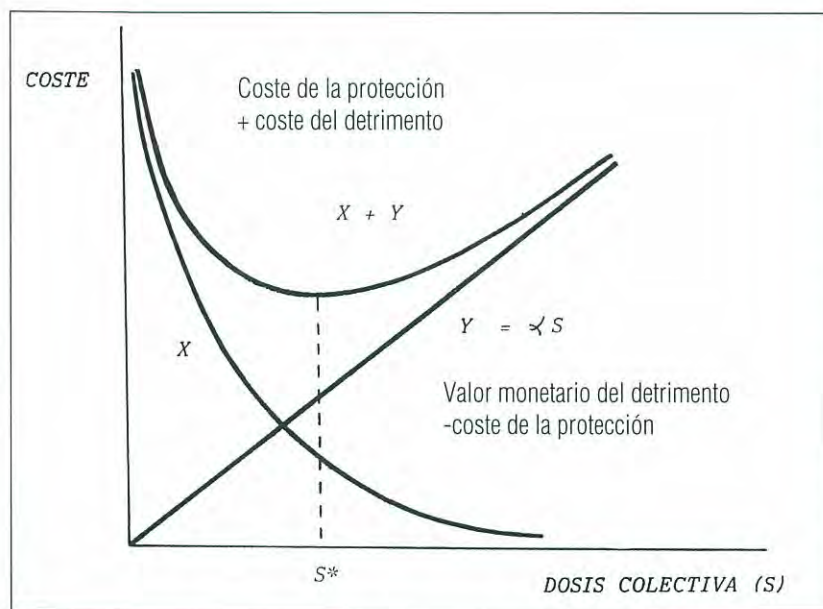
6. PROCEDIMIENTOS DE OPTIMIZACIÓN

Dado el anterior marco, es fácil comprender por qué la cuantificación es una parte tan fundamental de la optimización, pero debemos ser conscientes de los peligros y evitar la tentación de cuantificar sólo las aportaciones más fáciles al proceso de decisión e ignorar los aspectos menos tangibles. También debemos evitar la tentación de pensar que la cuantificación es algo que se practica sólo con calculadoras u ordenadores digita-

les; todos hemos sido agraciados con un motor orgánico de análisis altamente sofisticado, y ¡no hay nada malo en utilizar el cerebro!. La cuantificación es una aportación a la forma de pensar; las técnicas facilitan la toma de decisiones pero no las toman.

No obstante, las técnicas y la cuantificación sí pueden ayudar, y se está avanzando considerablemente en ambos frentes, desde los árboles analíticos empleados para lograr una clara comprensión del problema a abordar y la estructura de gestión en la que se deberá resolver hasta una más amplia definición del detrimento.

Sigue habiendo problemas que afrontar, y que se abordarán con ocasión de otras ponencias. Entre ellos figura - en el contexto del detrimento - cómo tener en cuenta determinados grupos de la población en general, definidos por sexo, edad, características raciales, predisposición genética a las enfermedades u otros factores que incidan en el daño por unidad de dosis, o por estado laboral, proximidad al beneficio, nivel económico o factores que incidan en sus actitudes frente a la posibilidad de daño; cómo tener en cuenta el daño potencial derivado de sucesos que pudieran tener lugar en el presente (accidentes) o en el futuro (almacenamiento definitivo de residuos). Desde la perspectiva de las técnicas de ayuda a la toma de decisiones, el problema más difícil es cómo tratar los datos de difícil cuantificación; las técnicas como el análisis de utilidad multiatributos permiten hacer esto conceptualmente,



Representación ideal de la optimización.

pero todavía no han permitido una aplicación práctica generalizada.

Para poder llevar a cabo la optimización, tenemos que dilucidar cómo la cuantificación y las técnicas de ayuda a la toma de decisiones encajan con los enfoques de definición y resolución de problemas orientados a la gestión. Asimismo, nos debemos asegurar de que los avances que se produzcan en la gestión de la seguridad en general se recojan y traduzcan a términos propios de la protección radiológica. Uno de estos avances que no parece haber logrado la transición es el vínculo que se está estableciendo entre un alto nivel de seguridad, un alto nivel de gestión global de la calidad y una alta rentabilidad. Hemos tendido a centrarnos en los costes de la reducción de las dosis en lugar de considerar esta cuestión como un aspecto más

de un enfoque de gestión que debiera servir para modificar las prácticas de trabajo, con el fin de mejorar conjuntamente la eficacia y la seguridad.

7. APLICACIONES DE LA OPTIMIZACIÓN

Puesto que ahora reconocemos que la optimización debería producir una distribución equitativa de los costes y perjuicios, al objeto de conseguir el mayor beneficio global posible, parece razonable preguntarse por qué las decisiones y los logros parecen variar de un campo de aplicación a otro. Yo creo que la respuesta está en los "otros factores" que entran en la toma de decisiones, y en la visión global que afecta a las actitudes hacia la práctica, más que en el proceso de optimización mismo. La ICRP ha

dejado claro que la optimización de la protección radiológica es un componente del proceso que lleva a las decisiones, y que la decisión final tendrá que tener en cuenta una serie de factores y restricciones ajenos a la propia optimización. En el caso de la energía nuclear, éstos pueden incluir la disposición a asignar a la cuestión de la seguridad los recursos necesarios para disipar la percepción de que se trata de una tecnología "arriesgada"; en el caso de la medicina, la búsqueda de los recursos necesarios para la protección se tendrá que realizar compitiendo abiertamente con otras demandas que a veces parecen estar más directamente ligadas al salvamento de vidas, con un trasfondo de beneficio directo para el paciente; en el caso del radón en los hogares, está la diferencia en las actitudes hacia los fenómenos "naturales", que se consideran más aceptables que los antropomórficos, junto con el hecho de que actualmente la cobertura de los costes de la protección proviene normalmente más de los fondos privados que de los públicos.

Existe la tendencia a enojarse por algunas de las decisiones que se toman, ya sea a nivel político o privado, y a acusar a los distintos agentes de irracionales. Personalmente, creo que deberíamos tener más cuidado cuando reservamos la racionalidad sólo para los involucrados en la protección radiológica, y reconocer que las máquinas de computación analógica de los demás pueden haber recibido más datos que las nuestras y haber aplicado otros factores de ponderación basados en su propia visión global. Particularmente, debería-

mos recordar la diferencia que existe entre el asesor, al que posiblemente le preocupe sólo la optimización de la protección radiológica, y el responsable de las decisiones o gestor, que debe contemplar en sus decisiones todos los factores no radiológicos. En lugar de acusar a los demás de ignorancia o irracionalidad deberíamos concentrarnos en hacer que nuestras aportaciones a sus decisiones sean comprensibles, de manera que las acepten y las concedan el peso debido, para que posiblemente nos expliquen por qué han llegado a decisiones finales diferentes.

8. CONCLUSIONES

Dada nuestra comprensión de la naturaleza del daño que produce la exposición a radiaciones ionizantes, se hace necesario algún procedimiento que nos permita decidir hasta qué punto llegar en la asignación de recursos para reducir

este daño. La optimización de la protección, tal y como ha sido desarrollado por la ICRP, tiene una sólida base filosófica y parece un procedimiento apropiado para el problema que tenemos entre manos. Implícito en este procedimiento está la necesidad de conseguir el mayor beneficio global para la sociedad, aceptando a la vez que algunos grupos obtendrán más beneficios y otros más perjuicios. Los límites de dosis, los nuevos conceptos tales como las restricciones y algunos aspectos de la mecánica de aplicación de la optimización ayudan a limitar la posible falta de equidad. La cuantificación y el uso de técnicas de ayuda a la toma de decisiones forman parte integral del procedimiento, pero no debemos olvidar que también podemos realizar análisis bastante acertados de los problemas con tan sólo pensar en ellos, sobre todo si se trata de problemas sencillos o con aspectos de difícil cuantificación o que se escapan de las consideraciones de protec-

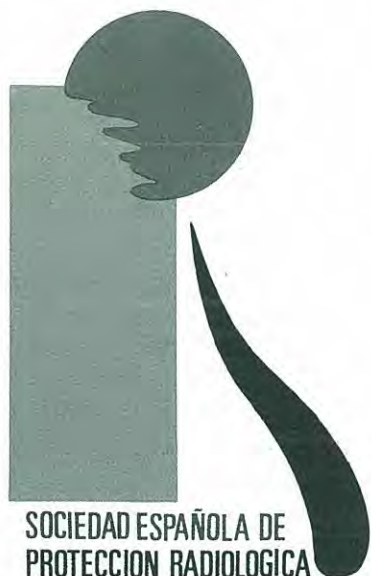
ción. Asimismo, debemos reconocer asimismo que resoluciones que pueden resultar atractivas desde nuestra perspectiva pueden no serlo para personas de distinto punto de vista. Lo que es más importante para mí es el creciente reconocimiento de la necesidad de considerar la optimización de la protección y otros aspectos de la mejora de la seguridad como parte de un enfoque de gestión que asocie el control de la calidad y la excelencia con la seguridad y la productividad, de manera que éstos se conviertan en aspectos complementarios en lugar de objetivos conflictivos. Este estilo de gestión requiere que todos los involucrados participen de manera informada en el establecimiento de las metas, un aspecto que exigirá a su vez mayor desarrollo conforme avancemos hacia el próximo siglo. Como dije al principio, se trata de una manera de pensar en plena evolución.



NUEVA DIRECCION DE LA SEPR

Apolonio Morales, 27 • 28036 Madrid
Tel: 91 - 350.49.17 • Fax: 91 - 350.76.52

(El horario es de 8.30 hs a 18.00 hs. -de lunes a jueves-
y de 8.30 hs a 15.00 hs -los viernes).



**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA**

Como anunciábamos en el número anterior de **RADIOPROTECCION**, los próximos días 26 al 29 de abril se celebrará en Santiago de Compostela el V Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), congreso que coincide con la celebración de las I Jornadas Hispano-Lusas de Protección Radiológica.

El Programa Científico del Congreso es el siguiente:

Martes 26 de Abril

RADIACIONES NO IONIZANTES

- 17.30 hs. Conferencia Inaugural
"Extremely low frequency electromagnetic fields: exposure levels and risk assessment" M. GRANDOLFO
- 18.00 hs. Ponencia invitada
"El láser y sus aplicaciones en Medicina. Aspectos de Protección".
C. GOMEZ REINO
- 18.30 hs. Ponencia invitada
"Resonancia Nuclear Magnética" N.R.P.B.
- 19.10 hs. Discusión

Miércoles 27 de Abril

GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD EN

V CONGRESO NACIONAL DE LA S.E.P.R.

PROTECCION RADIOLOGICA

- 8.30 hs. Ponencia invitada
"Protocolo Español de control de calidad en Instrumentación en Medicina Nuclear" R. BARQUERO
- 8.50 hs. Ponencia invitada
"Evolución del programa Europeo de Control de Calidad en Radioterapia externa" M.RIBAS
- 9.10 hs. Ponencia invitada
"Perspectivas de la Organización Mundial de la Salud en la Protección Radiológica en Medicina" G.P. HANSON
- 9.30 hs. Comunicaciones orales
- 10.30 hs. Discusión
- 11.00 hs. Café
- 11.30 hs. Ponencia invitada
"Garantía de calidad de la Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares".
AMYS
- 12.00 hs. Comunicaciones orales
- 13.00 hs. Discusión
- 13.30 hs. Almuerzo de trabajo

GESTION DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

- 15.30 hs. Ponencia invitada
"La gestión final de los residuos radiactivos de media y baja actividad. La exención como vía de gestión". T. ORTIZ
- 15.50 hs. Ponencia invitada
"Gestión de Residuos en Instalaciones Nucleares". AMYS
- 16.10 hs. Ponencia invitada
"Guía de gestión de materiales y residuos radiactivos en Centros Hospitalarios y de Investigación Biomédica". M.TELLEZ
- 16.30 hs. Discusión
- 17.00 hs. Café
- 17.30 hs. Comunicaciones orales
- 18.30 hs. Discusión

Jueves 28 de Abril

RADIOACTIVIDAD AMBIENTAL

- 9.00 hs. Ponencia invitada
"Radioactividad e ambiente: Investigaçao e controlo. Prespectivas de colaboraçao LUSO-ESPANHOLA". A.ORTINS DE BETTENCOURT
- 9.30 hs. Comunicaciones orales
- 10.30 hs. Discusión
- 11.00 hs. Café
- 11.30 hs. Ponencia invitada
"Radioactividad artificial en el medio marino". J.A. SANCHEZ CABEZA
- 12.00 hs. Comunicaciones orales
- 13.00 hs. Discusión
- 13.30 hs. Almuerzo de trabajo

METROLOGIA Y DOSIMETRIA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

- 15.30 hs. Ponencia
"Exposiçao da Poulaçao Portuguesa ás Radiaçoes Ionizantes". J.VAZ CARREIRO
- 16.00 hs. Ponencia invitada
"Reestimación de dosis por termoluminiscencia". A. DELGADO
- 16.30 hs. Comunicaciones orales
- 17.30 hs. Discusión

Viernes 29 de Abril

DIRECTIVAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

- 9.00 hs. Comunicaciones orales
- 10.00 hs. Discusión
- 10.30 hs. Café
- 11.00 hs. MESA REDONDA
- 12.30 hs. Conferencia de Clausura
"Programa futuro de la I.C.R.P.". R.H. CLARKE
- 13.30 hs. ASAMBLEA DE LA S.E.P.R.
- 14.30 hs. ROMERIA GALLEGA

**SECRETARÍA TÉCNICA**

Viajes Canoa Congresos
C/ República Salvador, 14 - 1º izqda.
15701 Santiago de Compostela
Tel.: 981-59 29 77 / Fax: 981-59 27 14

COMITE ORGANIZADOR

Presidente: MIGUEL POMBAR CAMEAN
Secretario: RAMON LOBATO BUSTO
Tesorero: JAVIER MOSQUERA SUEIRO
Vocales: RAMON DIAZ BLANCO, AGUSTIN FERNANDEZ MALLO, EZEQUIEL GONZALEZ PATIÑO, CARLOS LOSADA VARELA, ALEJANDRA MARTINEZ MAQUIEIRA, ANTONIO ORTINS DE BETTENCOURT, JUAN JOSE PEÑA BERNAL, MAXIMO PLO CASASUS, M^a CARMEN PORTO VAZQUEZ, JOAO VAZ CARREIRO

COMITE CIENTIFICO

Coordinador: GUSTAVO LOPEZ ORTIZ

ANTONIO BROSED SERRETA, ALFONSO CALZADO CANTERA, DAVID CANCIO PEREZ, ANTONIO DELGADO MARTINEZ, J. GOMES DA SILVA, CARLOS GOMEZ REINO CARNOTA, ILDEFONSO IRUN REVEST, ANTONIO ORTINS DE BETTENCOURT, JULIO PISTACCHINI GALVAO, LUIS QUINDOS PONCELA, JOSE RIVAS REY, ELISEO VAÑO CARRUANA, JOAO VAZ CARREIRO

ESTRUCTURA DEL CONGRESO

HORAS	MARTES 26	MIÉRCOLES 27	JUEVES 28	VIERNES 29
8.30				
9.00				
10.00		Garantía y control de calidad en Protección Radiológica I	Radioactividad ambiental I	Garantía y control de calidad en Protección Radiológica I
10.30				
11.00		Descanso (café)	Descanso (café)	
11.30				
12.00		Garantía y control de calidad en Protección Radiológica II	Radioactividad ambiental II	Acto de clausura
12.30				Asamblea S.E.P.R.
13.00				
13.30				
14.00		Almuerzo de trabajo	Almuerzo de trabajo	
14.30				
15.00		Gestión de residuos radioactivos I	Metrología y dosimetría de las radiaciones ionizantes	ROMERIA GALLEGA
15.30				
16.00	Entrega de documentación	Descanso (café)		
16.30		Gestión de residuos radioactivos II		
17.00	Inauguración Congreso			
17.30				
18.00	Radiaciones no ionizantes			
18.30				
19.00				
19.30				
20.00				
20.30	RECEPCION			
21.00			Cena de clausura	



JORNADA SOBRE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN LOS MEDIOS HOSPITALARIOS Y DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA

**Resumen y conclusiones
presentadas por el coordinador
de la jornada, D. Miguel
Barrachina, organizada
conjuntamente por la Sociedad
Española de Protección
Radiológica y la Sociedad Nuclear
Española**

NOTA. Este informe ha sido publicado por la Revista de la Sociedad Nuclear Española. Lo reproducimos también aquí ya que el tema resulta de interés para una fracción importante de los asociados a la SEPR

La Jornada se ha desarrollado, en el espléndido marco del Salón de Actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid (Almagro, 42), con un registro de asistencia de 127 profesionales, representando a las 10 Instituciones que han colaborado.

Las siete Ponencias presentadas y los dos Coloquios programados han resultado del máximo interés para centrar la problemática de la gestión de los residuos radiactivos hospitalarios y de

investigación biomédica que se generan actualmente en España. Las ponencias generales estuvieron a cargo de Marina Téllez de Cepeda (SEPR-ENRESA), María Teresa Macías (CSIC), Dionisio Lasa (SEMN-SERFA) y María Teresa Ortiz (ENRESA). Las ponencias referidas a exenciones estuvieron a cargo de Julia López de la Higuera (CSN), Fausto Andaluz (Empresarios Agrupados) y Pedro Carboneras (ENRESA). Si hubiera que concluir de forma resumida los mensajes de comunicación hacia la sociedad contenidos en las Ponencias, éstos podrían ser los siguientes:

1º) *Sobre el uso de los isótopos radiactivos en Medicina.* A medida que se fueron desarrollando los aceleradores de partículas y los reactores nucleares (década de 1940), la disponibilidad de los isótopos radiactivos fue en aumento y su principal aplicación estuvo relacionada con la resolución de problemas de la salud humana, lo que dio lugar a una nueva especialidad médica, denominada *Medicina Nuclear*. Ahora, en 1993, cuando nos

aproximamos al tercer milenio, son decenas de millones los pacientes de todo el mundo que han visto diagnosticadas sus patologías -de forma ventajosa con respecto a otras técnicas- mediante el uso de los *radiofármacos*, esto es, de medicamentos especiales con los cuales los médicos nucleares dirigen los isótopos radiactivos hacia los órganos aquejados por la enfermedad, lo que permite su visualización y la cuantificación de su estado funcional; y, en algunos casos, ello permite la destrucción de tumores malignos, aprovechando el efecto terapéutico de los radiofármacos con elevada carga radiactiva (100 mCi, por ejemplo, de I-131 para cánceres de tiroides). El beneficio de las aplicaciones médicas de los isótopos radiactivos es difícil de cuantificar, pero seguro que puede cifrarse en una extensión de la vida humana de cientos de millones de años, contabilizados sobre la población de las últimas décadas.

2º) *Sobre el uso de los isótopos radiactivos en Investigación Biomédica.* Desde los años de 1950, los isótopos radiactivos son *el gran paradigma de la investigación científica* y, en particular, *de la investigación biomédica*; de hecho, su empleo como *trazadores radiactivos* ha permitido descifrar el código genético y su estructura soporte (el ácido desoxirribonucleico), cuyas alteraciones nos llevan, por un lado, a las causas de las enfermedades hereditarias y neoplásicas y, por otro, a la futura terapia génica, que puede remediar carencias y desigualdades congénitas. En otro orden de cosas, el radioinmunoanálisis (RIA, descubierto hacia finales de 1950) ha permitido cuantificar el complejo mundo de microconstituyentes moleculares -hormonas, enzimas, neurotransmisores, factores de crecimiento, etc.- que, en pequeñísimas concentraciones (del orden de los picomoles), gobiernan el frágil equilibrio homeostático (adaptativo) de los seres vivos a los estímulos de su entorno. La prodigiosa especificidad del sistema inmunitario (reacción antígeno-anticuerpo) y la elevada sensibilidad de detección de las radiaciones emitidas por los isótopos radiactivos (o sus compuestos marcados), han hecho posible el avance del conocimiento fisiológico de cada uno de nuestros sistemas orgánicos y endocrinos, de

modo que no sería aventurado afirmar que más de la mitad de los conocimientos relativos a los mecanismos de nuestra propia biología han sido conquistados, en el transcurso de estos últimos 40 años, con el concurso de los isótopos radiactivos.

3º) *Sobre los residuos radiactivos originados en los centros hospitalarios y de investigación.* Las aplicaciones médicas generan residuos radiactivos de baja actividad y corta vida, por contener, fundamentalmente, isótopos como Mo-99 (Tc-99m), Tl-201, Ga-67, I-131, etc. Los residuos radiactivos de la investigación biomédica, si bien son, como los anteriores, de baja actividad, pueden contener isótopos de vida más larga, como I-125, S-35, H-3 y C-14, entre otros. Tanto en un caso como en otro, estos residuos (llamados de los "pequeños productores") tienen en común su gran dispersión original, en cerca de 500 Instalaciones Radiactivas -entre médicas y de investigación- a lo largo y ancho de toda la geografía nacional, lo que da lugar a una amplia casuística de residuos, tanto en contenidos radiactivos como en composición de sustratos materiales. Introducir una cierta racionalidad en la generación de estos residuos por parte de los pequeños productores es la tarea que se han impuesto los miembros del

Grupo de Trabajo SEPR-ENRESA, coordinado por Marina Téllez de Cepeda, que debe concluir en la elaboración de una Guía Orientativa, que minimice volúmenes y establezca clases homogéneas de residuos, así como sus formas de presentación más convenientes para la empresa gestora.

4º) *Sobre la gestión de los residuos hospitalarios y de investigación a nivel nacional.* España dispone de un sistema de gestión que, si bien es perfeccionable, hasta cierto punto puede ser considerado ejemplar, dada la coherencia inherente a la gestión por una sola Empresa Nacional (ENRESA) que dispone de una Instalación de Almacenamiento -El Cabril, en Sierra Albarrama (Córdoba)-, citada como repositorio modélico para los Residuos Radiactivos de Media y Baja Actividad. Por lo que a los residuos radiactivos generados por los "pequeños productores" concierne, a penas si éstos totalizan el 7% en volumen de los bultos que se depositan en El Cabril, y su contenido radiactivo, descontadas las fuentes encapsuladas de otros pequeños productores (aplicaciones industriales, sobre todo) es insignificante. Ello no obstante, este sector de residuos hospitalarios y de investigación, por su pluralidad y dispersión, resulta ser de gestión engorrosa y elevado coste, aunque tales residuos no



merezcan casi el calificativo de "radiactivos"; es por ello, que se impone hacer un análisis pormenorizado de los mismos, de modo que se adecuen sus formas de evacuación al riesgo radiológico mínimo que entrañan.

- 5º) *Sobre los criterios de exención de los materiales radiactivos.* La *Mesa Redonda sobre Exención* se inició con la exposición de los criterios y bases técnicas que, por el propio desarrollo lógico de los principios de la Protección Radiológica -justificación, optimización y limitación-, conducen al corolario práctico de que algunos residuos radiactivos de muy baja actividad podrían quedar *exentos del control regulador*, y ser evacuados siguiendo *rutas convencionales*, siempre que se cumplan los límites y condiciones establecidas en la autorización correspondiente. La Autoridad Reguladora verificará el cumplimiento de las condiciones impuestas al Titular de la Instalación.
- 6º) *Sobre la optimización de la gestión de los residuos radiactivos de baja actividad por vía de exención.* La *declaración de exención* para determinados sub-

productos ligeramente contaminados, procedentes de Instalaciones Nucleares o Radiactivas, tiene que estar avalada por estudios técnicos que justifiquen la viabilidad de esta forma de gestión, vinculada hoy día a que los impactos radiológicos que cause, individuales y/o colectivos, sean inferiores a las dosis de referencia recomendadas por organismos internacionales competentes (CIPR, NEA/OECD, OIEA, CCE, etc.); estas dosis de referencia parecen concretarse actualmente en 10 microsievert/año y en 1 sievert.persona/año, respectivamente, para los impactos antes indicados. Naturalmente, la metodología y los códigos empleados en la evaluación de estos impactos deben estar validados a nivel internacional y, en caso de incertidumbre, los datos de partida deben ser moderadamente conservadores. De este modo es posible llegar a la optimización de los contenidos radiactivos y de las actividades específicas de los residuos que puedan evacuarse por vía de exención.

- 7º) Sobre la exención desde el punto

de vista de la empresa gestora de los residuos radiactivos. La exención del control regulador de determinadas prácticas con fuentes radiactivas no-encapsuladas, así como las de sus subproductos de baja actividad, no sólo puede ser una opción válida desde el punto de vista de la Protección Radiológica, sino que puede ser también una forma de gestión aplicable por el productor y la empresa gestora, a condición de que se dé una estrecha colaboración entre la Autoridad Reguladora y el Titular de la Instalación; la primera, estableciendo con claridad los criterios, bases técnicas y condiciones que deben satisfacerse en la praxis de la exención y, el segundo, cumpliendo estos criterios, bases y condiciones con todo rigor. De este modo puede aligerarse la carga de trabajo que tiene que afrontar la empresa gestora y aliviarse el costo que tiene que satisfacer el "pequeño productor". Con ello, estamos asegurando, de forma razonable, que la gestión de estos materiales, cuyo riesgo asociado es trivial o despreciable, se realiza de forma óptima.

CURSO SOBRE COMPUESTOS MARCADOS CON RADIOISOTOPOS EN INVESTIGACION BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA SEPR - SERFA

Los pasados días 21 y 26 de marzo se celebró el Primer Curso de Compuestos Marcados con Radioisótopos en Investigación Biológica y Biomedicina, en el Instituto de Investigaciones Biomédicas (CSIC).

El citado Curso ha sido organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Sociedad Española de Radiofarmacia. El desarrollo del mismo

ha permitido mejorar el conocimiento sobre el uso de compuestos marcados con radioisótopos a los profesionales que ejercen su actividad en las áreas indicadas, en investigación básica o aplicada.

El día de la Clausura se realizó una encuesta sobre "Satisfacción del alumno respecto al Curso". Los resultados han sido altamente satisfactorios. Para el 85%

de los alumnos el Cursos ha respondido perfectamente a las expectativas iniciales, tan sólo resaltar la opinión unánime de todos ellos estimando conveniente, para futuros Cursos, aumentar el nº de clases prácticas (han sido tres las realizadas en el pasado Curso).

M^a Teresa Macías (SEPR)

Félix Mata (SERFA)

MESA REDONDA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LA TÉCNICA DE LA EXENCIÓN DE RESIDUOS SEPR - SNE

El pasado 15 de marzo se celebró en Madrid la Mesa Redonda sobre la Problemática Técnica de la Exención de Residuos, organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y Sociedad Nuclear Española (SNE).

Bajo la moderación de Vicente Gil (UNESA-AMYS), la mesa redonda se inició analizando "El punto de vista de la empresa de gestión de residuos" por Pedro Carboneras (ENRESA), para continuar con "La Minería y fabricación de combustible" por Antonio López (ENUSA) y finalizar con "Las Instalaciones Nucleares" por Fernando Álvarez Mir (IBERDROLA).

Tras el descanso, la mesa abordó los temas de "Experiencia de las Ingenierías" por Fausto Andaluz (EEAA) y José M.

García Quirós (INITEC), "La Caracterización de materiales", por Carlos Sancho (CIEMAT) y los "Puntos de vista reglamentarios", por Ignacio Amor (CSN).

Resumen de las conclusiones elaborado por los organizadores:

Conclusiones de la mesa redonda sobre la "problemática técnica de la exención de residuos" organizada por la SEPR y la SNE

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 15 de marzo 1.994

— La exención del control regulador de fuentes y prácticas y la desclasificación de materiales procedentes de prácticas sometidas al mismo, se fundamentan en

la aplicación rigurosa del sistema de protección radiológico establecido con énfasis en el principio de la optimización. Su aplicación es una necesidad para el regulador, los productores y los gestores y así se está reconociendo internacionalmente en el desarrollo actual de normativas internacionales (OIEA, Euratom).

— A la hora de interpretar los preceptos reglamentarios en materia de exención y desclasificación de residuos no se deben mezclar ni confundir niveles de declaración o de entrada al sistema regulador con niveles de desclasificación o de salida del sistema.

— Adicionalmente a la definición de criterios de exención y de desclasifica-



ción expresados como valores de dosis individuales y colectivos que aseguren riesgos radiológicos suficientemente bajos, los usuarios necesitan decisiones claras expresadas en forma de "niveles derivados" y de aplicación inmediata a los procesos de caracterización de materiales sin excluir naturalmente el "caso a caso".

Aunque el proceso de revisión de normas básicas de la OIEA y de Euratom ha clarificado sustancialmente esta temática, la realidad es que en ninguna de esas normas se presentan valores numéricos para los niveles de desclasificación, en ambos casos se establece que la Autoridad Reguladora de cada país debería fijar los valores de referencia.

- La aplicación literal de los criterios de desclasificación propuestos en el Borrador de Directiva Comunitaria puede tener en la minería del uranio implicaciones importantes debido al aumento considerable del volumen de materiales (estériles de mina) que podrían quedar sometidos al régimen de Autorizaciones/Declaraciones, generando por tanto un incremento importante de los costes de las explotaciones y un decaimiento de las reservas nacionales explotables de mineral.

A este respecto, en los criterios de desclasificación que se adopten se debería tener en cuenta los valores del fondo radiactivo natural existentes en las zonas de yacimientos de minerales uraníferos. Otros materiales sólidos naturales con presencia significativa de

radioactividad como lignitos, fosfatos, etc., podrían verse afectados si no se especifica claramente en la Directiva su no aplicación.

- Aunque en España aún no existe una "política" de aplicación general en el área de la exención y la desclasificación, se han analizado casos concretos que pueden servir de base a las autoridades competentes por el desarrollo de dicha política. Estos casos son, entre otros: Sólidos biológicos y líquidos orgánicos; sólidos heterogéneos; fuentes; chatarras metálicas; escombros y detectores de humos, así como en las operaciones de descontaminación y desmantelamiento de instalaciones radiactivas nucleares y radiactivas del CIEMAT tendentes a la obtención de sus clausuras.

En tanto el CSN no apruebe oficialmente unos niveles de desclasificación, cualquier evacuación de residuos por vías convencionales requerirá autorización específica del CSN. Con este objetivo, el CSN está desarrollando una Guía de Seguridad a fin de orientar a las instalaciones sobre la metodología a seguir en ese proceso de autorización.

Sería conveniente proceder a aplicar las prácticas de desclasificación de determinadas corrientes producidas en las CCNN por economía y capacidad de almacenamiento. Para ello, deberían poder generalizarse los estudios de desclasificación de los materiales generados particularizando de forma sólo muy limi-

tada.

Desde el punto de vista de la metodología de evaluación, son puntos críticos los siguientes:

- La caracterización de las corrientes.
- La selección de escenarios suficientemente realistas y contrastados, para evaluar el impacto radiológico individual y colectivo asociado a una determinada práctica de exención o desclasificación.
- El establecimiento de metodologías normalizadas que sirvan como instrumentos válidos y operativos.

En este sentido, las ingenierías españolas disponen de suficiente experiencia en el desarrollo y aplicación de estos sistemas de evaluación.

Desde el punto de vista de caracterización de un material específico, es muy importante el definir los siguientes aspectos relacionados con las medidas:

- Metodología apropiada para la obtención de muestras.
- Compatibilidad entre la metodología para la obtención de la muestra y la tecnología para su evaluación.
- Normalización de geometrías de medida.
- Estadística asociada para lograr obtener un número significativo de medidas.
- Límites de detección a priori.
- Costes radiológicos y económicos asociados.

En este tema, el CIEMAT dispone de experiencia adquirida en los trabajos de desmatelamiento realizados en sus instalaciones.

La exención de prácticas y fuentes y la desclasificación de materiales con muy débil contenido radiactivo, requiere un rigor sustancial en el origen por su apli-

cador y es una opción plenamente responsable.

SEPR-SNE

Las jornadas sobre gestión de material radiactivo en el medio hospitalario y centros de investigación biomédica, la problemática técnica de la exención de residuos y la que próximamente tendrá lugar en Barcelona, en colaboración con la sociedad de medicina nuclear sobre temas primeramente citados, serán objeto de una monografía editada por la SEPR y la SNE.

CURSO DE DESCONTAMINACIÓN RADIATIVA EN HOSPITALES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN SEPR - SNE

Los próximos días 11, 12 y 13 de abril tendrá lugar el Curso de Descontaminación Radiativa en Hospitales y Centros de Investigación organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Nuclear Española (SNE).

El primer día del curso se tratará la "Problemática de la contaminación", en concreto, los aspectos: "Fisicoquímica" de la misma, a cargo de Lorenzo Martín y

"Medicina Nuclear. Diagnóstico y terapia metabólica", por Marina Téllez.

Al día siguiente, 12 de abril, se abordará los "Fundamentos de la Descontaminación", en concreto: sus objetivos, los criterios de selección de técnicas, la práctica de la descontaminación, la preparación de trabajos el análisis coste/beneficio, por Angel Viñas (Empresarios Agrupados). Durante el mismo día

se analizarán también las "Técnicas de descontaminación (1)", por Luis F. Alburquerque (INYPESA).

El tercer y último día, se continuará con las "Técnicas de Descontaminación (2)" a cargo de A. González (CIEMAT), para seguir más tarde con la "Problemática de la Contaminación de personas y vestuario", por Ernesto Argilés (LAINSA).

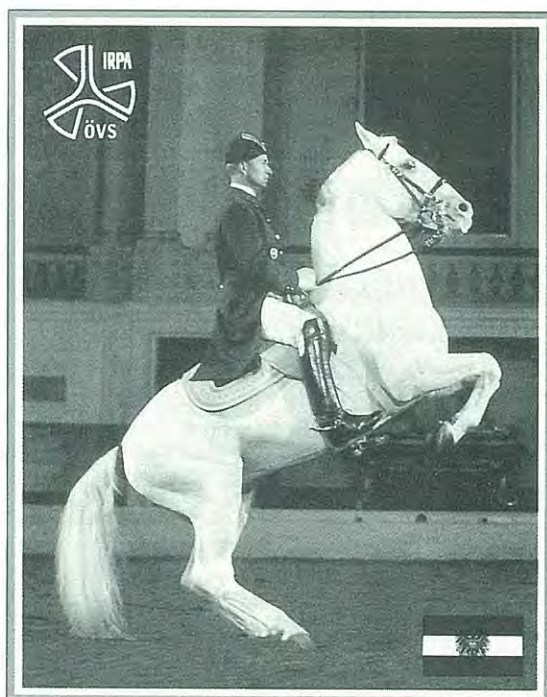
IRPA 9 1996 INTERNATIONAL CONGRESS ON RADIATION PROTECTION

Vienna, Austria, April 14 - 19, 1996

GENERAL THEME

The Ninth World Congress of the International Radiation Protection Association, expected to be largest so far, will be distinguished from previous IRPA Congresses with particular facts. It will be the first International IRPA Congress which will provide a unprecedented, broad opportunity to work with our colleagues from the Eastern European Countries, and it will be the last IRPA Congress in this century. This should stimulate some general reflections about the past and concepts for future work. The scientific topics focus on the total field of protection against ionizing and non-ionizing radiation, with particular emphasis of natural radiation exposure, radiation protection in the environment and at workplaces, radiation effects, risk assessment and comparison, as well as public perception, in view of the new recommendations of ICRP, ICRU and IAEA.

World-renowned experts in the diffe-



rent fields of radiation protection will present the state-of-the art of their particular subjects in plenary sessions. Invited lectures will be complemented by posters enabling participants to present new information and ideas. The Congress structure will further contain "Mini-Symposia", i.e. general sessions, in which a chairman and a few invited speakers discuss general aspects and new developments in one particular topic from different points of view, and "Mini-Presentations", i.e. sessions where selected poster authors will be

given a short time to emphasize the important results of their recent work, to be seen afterwards on their posters. The total outcome of the Congress will be summarized by a panel of chairmen at the end of the meeting to provide a complete overview and the basic message from the Congress. The Congress will also include training sessions given by international experts aimed at providing enhancement of professional knowledge of both ionizing and nonionizing radiation protection.

CONFERENCE LANGUAGE

The language for all activities of the congress will be English.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL EXHIBITION

The Congress will give an outstanding opportunity to become acquainted with modern products and instrumentation in ionizing and non-ionizing radiation protection from the leading manufacturers all over the world.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INTERNACIONALES

Resumen de la reunión del Comité Técnico del Organismo

Internacional de Energía Atómica para la revisión del 5º borrador de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales

(Viena, 13-17 de diciembre de 1993)

A raíz de la publicación a finales de 1990 de las nuevas recomendaciones básicas de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR-60) se planteó la necesidad de actualizar las normas que, en materia de protección radiológica, habían sido previamente adoptadas por entidades internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a las que tradicionalmente se les había encomendado la tarea de trasladar las recomendaciones de la CIPR a términos suficientemente prácticos para facilitar así su posterior incorporación a las legislaciones nacionales.

Con este objetivo y bajo el patrocinio conjunto del Organismo Internacional de Energía Atómica, de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, de la Organización Mundial de la Salud, de la Organización Internacional del Trabajo, de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación y de la Organización Panamericana de la Salud, se inicia en 1990 el desarrollo de las "Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra Radiaciones Ionizantes y

para la Seguridad de las Fuentes de Radiación.

Estas Normas Básicas suponen la adaptación de las normas todavía vigentes a las nuevas recomendaciones de CIPR-60 y, adicionalmente, marcan la culminación de los esfuerzos que se han venido desarrollando durante las pasadas décadas para alcanzar una adecuado armonización internacional de las normas de protección radiológica y de seguridad nuclear.

Un primer borrador de las Normas Básicas fué editado en mayo de 1992, siendo ampliamente distribuido a nivel internacional para comentarios y posteriormente discutido en una reunión monográfica que se celebró en Viena en diciembre de 1992.

El proceso de revisión ha continuado desde entonces y culmina con la edición de un 5º borrador, que se ha sometido a revisión en una nueva reunión del Comité Técnico del OIEA. A dicha reunión, que se celebró en la sede del OIEA en Viena del 13 al 17 de diciembre de 1993, asistieron más de 120 científicos de 51 países y estuvieron representadas, además de las organizaciones patrocinadoras de las Normas Básicas, un total de 11 organizaciones de carácter internacional entre las que cabe destacar:

■ Comisión Internacional de Protec-

ción Radiológica

- Comisión de las Comunidades Europeas
- Asociación Internacional de Protección Radiológica
- Organización Internacional de Normalización
- Confederación Mundial del Trabajo

La delegación española, presidida por el consejero Luis Echavarrí (CSN), estuvo integrada, además, por Pío Carmena (AMYS-UNESA), David Cancio (CIEMAT) e Ignacio Amor y Patricio O'Donnell (CSN).

La reunión fue presidida por el Dr. González, subdirector de la División de Seguridad Nuclear del OIEA, y en la agenda se preveía una primera sesión plenaria en la que se tratarían de identificar aquellos apartados de las normas susceptibles de controversia para, a continuación, someter esos puntos conflictivos al estudio de Grupos de Trabajo específicos. Finalmente, en una nueva sesión plenaria, se pasaría revista al trabajo desarrollado por dichos grupos.

En la primera sesión plenaria se procedió a la revisión completa de las normas básicas, artículo por artículo, identificándose numerosos puntos de controversia entre los que cabe destacar:

- Exclusiones y exenciones
- Exposición a radiación natural
- Aplicación práctica del límite pro-



medio de dosis en cinco años

- Optimización aplicada a exposiciones potenciales (risk constraint)
- Papel de la autoridad reguladora en la protección al paciente
- Expertos cualificados
- Protección ambiental
- Responsabilidades de instalaciones y empresas
- Limitación de dosis para mujeres embarazadas
- Confidencialidad de datos dosimétricos
- Modificación de límites en circunstancias especiales
- Niveles de referencia para exposiciones médicas
- Niveles de referencia para intervención y emergencia

Para el estudio detallado de los temas identificados como susceptibles de controversia se constituyeron siete grupos de trabajo:

El Grupo I fué presidido por el Dr. Beninson, actuando como secretario científico el Dr. Hanson; le fué asignada la temática de exposición del público y la de límites y restricciones operacionales. A modo de resumen de su labor hay que señalar:

- Se acordó matizar que, en relación con la emisión de efluentes, la responsabilidad básica del explotador es la de controlar la descargas verificando, a partir de los monitores de efluentes más que de los programas de vigilancia ambiental, el cumplimiento de los límites
- Se acordó que para el cálculo de la

dosis promedio de cinco años se consideraran bloques aislados de cinco años en lugar de cinco años consecutivos (esta posición fué fuertemente contestada por varias delegaciones, entre ellas la española)

- Se acordó que, tras la declaración de embarazo, la dosis externa al feto no superará el límite de dosis al público.

El Grupo II fué presidido por el Dr. Fry, actuando como secretario científico el Dr. Copee; le fué asignada la temática de la exposición ocupacional. A modo de resumen de su labor hay que señalar:

- Se acordó que se indicaran las responsabilidades globales de instalaciones y empresas, dejando a las autoridades reguladoras de cada país la distribución de dichas responsabilidades entre unas y otras
- Se acordó mantener el apartado relativo a "circunstancias especiales", aunque con la idea de que no suponga nunca una relajación el principio de limitación de dosis y nunca sin aprobación de la autoridad reguladora.

El Grupo III fué presidido por la Dra. Surgier, actuando como secretario científico el Dr. Webb; le fué asignada la temática de exclusiones y exenciones. A modo de resumen de su labor, cabe señalar:

- Se acordó que se indicara que los niveles de "desclasificación" (clea-

rance) sean necesariamente aprobados por la autoridad reguladora. Se acordó asimismo indicar la opción de que las autoridades reguladoras establezcan niveles de exención diferentes a los propuestos en el Anexo I de las normas

- Se acordó aclarar los criterios radiológicos para la exención en la línea de los trabajos con motivo de la revisión de las normas básicas del Euratom
- Se acordó indicar que la homologación de aparatos radiactivos quede condicionada a que la autoridad reguladora haya especificado las condiciones para la evacuación del material radiactivo contenido en los aparatos

El Grupo IV fué presidido por el Dr. Gorson, actuando como secretario científico la Dra. Borrás; le fué asignada la temática de exposiciones médicas. A modo de resumen de su labor, cabe señalar:

- Se acordó que gran parte del texto y tablas (niveles de referencia en medicina nuclear) que habían sido eliminadas entre los borradores 4º y 5º debían ser incorporadas de nuevo al texto

El Grupo V fué presidido por el Dr. Echávarri, actuando como secretario científico el Dr. Bush; le fué asignada la temática de exposiciones potenciales y la de requerimientos administrativos. A modo de resumen de su labor, cabe señalar:

- Se acordó incorporar la figura del Jefe de Servicio de Protección Radiológica a las definiciones del Glosario
- Se acordó que en el proceso de optimización en exposiciones potenciales se tuvieran en cuenta restricciones de dosis, pero no de riesgos
- Se acordó matizar las obligaciones de los poseedores de fuentes en cuanto a imponer responsabilidades a los suministradores de las mismas

El Grupo VI fué presidido por el Dr. Richardson, actuando como secretario científico el Dr. Boutriff; le fué asignada la temática de intervención y la de exposición a radiación natural.

- Se acordó precisar las responsabilidades de las diferentes entidades involucradas en situaciones de intervención
- Se acordó matizar, tanto la interpretación como los valores numéricos, de los diferentes niveles de intervención que se recogen en las normas. Fueron objeto de gran controversia, por estimarse por muchos expertos como muy bajos, los valores propuestos para los niveles de intervención genéricos para la adopción de medidas de protección inmediatas.

El Grupo VII fué presidido por el Dr. Clarke, actuando como secretario científico el Dr. Illari; le fué asignada la revisión del documento "Radiation Safety Fundamentals", documento independiente de las Nor-

mas Básicas que el OIEA ha estimado oportuno publicar como complemento a dichas normas.

Las modificaciones que sobre el texto inicial del 5º borrador se plantearon por los distintos Grupos de Trabajo se sometieron a su vez a revisión de la totalidad de los asistentes en una nueva sesión plenaria. Como consecuencia de las discusiones mantenidas con motivo de esta nueva revisión general, algunos de los Grupos de Trabajo tuvieron que volver a constituirse con objeto de matizar o modificar sus propuestas iniciales para, a continuación, otra vez, presentar sus nuevas propuestas a la consideración de la sesión plenaria.

Terminado este proceso de discusión, el Dr. González informó a los asistentes sobre las acciones previstas hasta la aprobación final de las normas básicas:

- La Secretaría Conjunta constituida por representantes de las organizaciones patrocinadoras, que es coordinada por el propio Dr. González, elaborará un 6º borrador de las Normas Básicas que incorporará las modificaciones aportadas en la reunión.
- Ese sexto borrador será distribuido hacia finales de febrero de 1994 a todos los participantes en la reunión y a cada uno de los países miembros del OIEA, solicitando la revisión final del mismo para la corrección de errores técnicos.
- Tras la revisión de los comentarios recibidos, la Secretaría Conjunta realizará las correcciones oportunas y

editará el borrador final de las Normas Básicas hacia finales del mes de abril de 1994

- Este borrador final será remitido a la Junta de Gobernadores del OIEA para someterlo a su aprobación en una reunión prevista en el mes de junio. El OIEA tiene la intención de preparar una pre-publicación de las Normas Básicas inmediatamente tras esa aprobación.
- Tras la aprobación por parte del OIEA el documento se remitirá a las diferentes organizaciones patrocinadoras para someterlo asimismo a su aprobación
- Tras la aprobación del documento por la totalidad de las organizaciones patrocinadoras, las Normas Básicas serán finalmente publicadas como parte de la Colección "Series de Seguridad" del OIEA

Las previsiones en lo que se refiere al documento "Safety Fundamentals" son las de que el actual borrador necesita aún de una revisión en profundidad y que el procedimiento de aprobación de este documento no tiene por qué ir en paralelo con el de las Normas Básicas. Por ser un documento de menor entidad y menos susceptible de controversia podría llegar a publicarse incluso antes que las Normas Básicas

IGNACIO AMOR

(Consejo de Seguridad Nuclear)





PROPUESTA DE DIRECTIVA COMUNITARIA DE NORMAS BÁSICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN SANITARIA DE LOS TRABAJADORES Y DE LA POBLACIÓN CONTRA LOS RIESGOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

En la actualidad la propuesta, aprobada por el Grupo de Expertos del artículo 31 - Euratom, está siendo analizada por el Grupo de Cuestiones Atómicas del Consejo.

De acuerdo a las informaciones disponibles ha finalizado una primera ronda en la cual cada Estado Miembro de la Unión Europea formuló sus apreciaciones. Ello ha llevado hasta el momento, unas cinco reuniones del Grupo. Asimismo, el Parla-

mento Europeo revisó la propuesta con carácter consultativo y emitió un informe proponiendo algunas enmiendas.

Una parte importante de los comentarios españoles, trasladados a los representantes en Bruselas, fueron consensuados y elaborados por el Ministerio de Industria y Energía con la participación de representantes de diversas organizaciones (CSN, ENUSA, ENRESA, AMYS/UNESA y CIEMAT).

Las discusiones en el Grupo de Cuestiones Atómicas continuarán por lo menos durante el segundo semestre del año y su aprobación dependerá en gran medida de los comentarios o propuestas de enmiendas de los Estados Miembros. El paso siguiente sería la consideración por el Comité de Representantes Permanentes y finalmente por el Consejo.

David Cancio
CIEMAT



PROGRAMA DE TRABAJO DE LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El ICRP con sus nuevos miembros y todos los componentes de sus cuatro Comités se reunieron por primera vez en septiembre de 1990.

En el inminente 5º Congreso de la SEPR el Presidente de ICRP, Prof. Roger Charke se referirá precisamente a su programa para el futuro inmediato. No obs-

tante, adelantamos aquí algunas líneas basándonos en la información transmitida por IRPA (International Radiation Protection Association Bulletin)

Comité 1 sobre Efectos

El Comité planifica establecer dos Gru-

pos de Trabajo sobre aspectos genéticos. Uno de ellos explorará las evidencias sobre la susceptibilidad genética a los cánceres y el otro tratará de mejorar las bases para la estimación del riesgo para enfermedades multifactoriales. Además existirán 14 Grupos de Trabajo para temas específicos incluyendo epidemiología, efecto a embriones y fetos, incerti-

dumbres en estimación de riesgos, etc.

Comité 2 sobre Límites secundarios

El trabajo de este Comité es en gran medida la derivación de cantidades prácticas. Un esfuerzo especial se dedicará a la evaluación de dosis en función de la edad para miembros del público. Ello debería incluir al nuevo modelo pulmonar y cubrir las dosis a embriones y fetos. Esta información es requerida con urgencia para completar las normas internacionales actualmente en proceso de aprobación.

Otras áreas de trabajo incluyen la revisión del "hombre de referencia", la revisión y puesta al día de la Publicación 30, junto con ICRV, de magnitudes dosimétricas.

Comité 3 sobre Protección en Medicina

El Comité tiene un solo proyecto que continúa con un Grupo de Trabajo que evalúa las dosis debido a radiofármacos.

No obstante, el Comité ha creado otros tres Grupos de Trabajo en las áreas de radiología.

El objetivo fundamental es analizar las implicaciones de la Publicación 60. Un Grupo especial de Trabajo deberá asegurar la coordinación sobre aspectos de interpretación tales como la aplicación de "dosis restringida" o "niveles de referencia" en el contexto médico.

Comité 4 sobre Aplicación de las Recomendaciones

Este Comité planificará su trabajo teniendo en cuenta el que se realiza en otras organizaciones internacionales. En consecuencia, ha seleccionado tres temas principales a ser desarrollados.

Por un lado, la exposición ocupacional, luego de la Publicación 60, requiere guías y recomendaciones. En especial se debe centrar en los nuevos conceptos incluyendo las dosis restringidas, niveles de referencia y las implicaciones prácticas para la contaminación interna o la clasificación de trabajadores.

Otro tema es el establecimiento de criterios para la intervención a largo plazo. En este tema no sólo se considerarán las contaminaciones de accidentes en reactores sino que, además, se incluirán las situaciones de prácticas del pasado que han contaminado grandes áreas.

Finalmente, los conceptos sobre exposición potencial presentados en la Publicación 60 y desarrollados en la Publicación 63 requieren nuevos desarrollos. De momento se limitarán a la seguridad de fuentes en instalaciones médicas e industriales.

David Cancio
CIEMAT



SOBRE LA ESPECIALIDAD DE RADIOFÍSICA HOSPITALARIA

El pasado 29 de enero de 1.994 se ha celebrado el primer examen en la historia de la sanidad española de acceso a formación sanitaria especializada en radiofísica hospitalaria.

El radiofísico es un profesional de la sanidad cuya misión es la medida, control y supervisión de las dosis de radia-

ción que reciben pacientes, profesionales y público como consecuencia del uso de radiaciones ionizantes en diagnóstico y terapia; sus funciones son muy variadas y van desde el diseño y decisión sobre equipos e instalaciones, hasta la medida minuciosa de la dosis de radiación que recibe cada paciente en un tratamiento de radioterapia, pasando por el control de

calidad y la protección radiológica de todas las aplicaciones clínicas de las radiaciones ionizantes.

El radiofísico es un profesional imprescindible para la correcta administración de radiaciones ionizantes tanto en diagnóstico como en terapia. De hecho estos profesionales trabajan en hospita-



les desde los años veinte en que comenzaron a utilizarse las radiaciones ionizantes con una mínima precisión.

En España existen radiofísicos en los hospitales desde principios de los años sesenta; si bien su formación se ha hecho hasta la actualidad por procedimientos variados, que van desde los autodidactas de los primeros años, a los que se han formado fuera de España, pasando por los que de manera no reglada, se han formado junto a otros compañeros en los distintos hospitales españoles.

La responsabilidad que conllevan estas funciones requiere de una formación especializada de post grado que, partiendo de un curriculum universitario de ciencias, fundamentalmente Física, pueda acceder a disciplinas complementarias como Anatomía, Fisiología e, incluso, vida hospitalaria así como el eje de esta especialidad que es la Física de Radiaciones, la Radiobiología, la Instrumentación y la Dosimetría entre otras. Es importante que se dé a esta formación un sentido eminentemente práctico, que sólo puede obtenerse en el propio lugar de trabajo, es decir, el Hospital; además debe ser una formación remunerada por

tratarse de una formación de post grado.

La complejidad de esta actividad profesional requiere un período de formación que no puede ser inferior a tres años, a lo largo de los cuales el aspirante a radiofísico debe pasar por las distintas ramas de la especialidad, es decir, las aplicaciones de radiaciones ionizantes a radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear, y recibir una formación teórico práctica en la que va adquiriendo una responsabilidad progresiva bajo la tutela de radiofísicos de experiencia y en hospitales con servicios de radiofísica que puedan acreditarse para la docencia. Dentro de estas condiciones, parece que la formación de especialistas en Radiofísica Hospitalaria a través de un sistema equivalente al MIR se muestra como la más adecuada.

El examen celebrado el 29 de enero pasado se engloba dentro del Sistema de Formación Sanitaria Especializada, que se regula por la O.M. de 27 de Junio de 1.989, BOE (28/8/89), y da cumplimiento a la O.M. de 8 de Octubre de 1.993 BOE del (23/X/793). Este examen que es equivalente al de los MIR, se convocó para licenciados y doctores en Ciencias Físi-

cas, Químicas e ingenieros; versó sobre temas relacionados con Física de Radiaciones y era un examen de tipo test con cinco respuestas a cada pregunta, entre las que sólo una era cierta, había 260 preguntas entre las que 250 constituían el examen en sí y las otras 10 preguntas restantes eran de reserva. Se convocaron 13 plazas en 12 hospitales distintos, para las que había 417 aspirantes: 2 ingenieros, 34 químicos y el resto físicos y se presentaron 315 a examen.

La aparición de esta O.M. y la regulación de la formación de los especialistas en Radiofísica, a través del Sistema Nacional de Formación Sanitaria Especializada, llena un vacío que se venía detectando y declarando hace ya más de veinte años. Su desarrollo va a suponer, sin ninguna duda, una gran ventaja para la Sanidad Española, que, en áreas tan importantes de su responsabilidad, como es el uso razonable de radiaciones ionizante en diagnóstico y terapia, podrá disponer de especialistas radiofísicos bien formados.

M^a Cruz Paredes
Clínica Puerta de Hierro



"VERIFICACIÓN DE MEDIDAS EN DOSIMETRÍA Y FÍSICA EN RADIOTERAPIA"

Resumen de las reuniones científicas del OIEA (Viena) y ESTRO (Praga)
Mayo de 1993

Durante los días 24 a 27 de Mayo de 1993 tuvo lugar en Viena el "Simposio Internacional sobre Verificación de Medidas en Dosimetría", cuya organización fue llevada a cabo por el Organismo Internacional de Energía Atómica, a través del Profesor H. Svensson.

En ella participaron unos 150 expertos de todo el mundo procedentes de diversas áreas de aplicación de las radiaciones ionizantes tales como: laboratorios primarios de calibración, laboratorios secundarios y físicos de hospital que trabajan en Radioterapia. Si bien la mayoría de temas expuestos trataron sobre calibración o intercomparación de medidas en Radioterapia externa de alta energía, también se presentaron comunicaciones sobre terapia de rayos X de baja energía, dosimetría de rayos X y braquiterapia.

En total se presentaron más de 60 trabajos que versaron sobre las áreas siguientes:

• Laboratorios primarios de calibración

- Estudio de los factores de corrección de un calorímetro para la determinación de dosis absorbida en agua en haces de fotones de alta energía.
- Hacia un sistema de dosimetría basado sobre standards de dosis absorbida.
- Comparaciones y calibraciones en el Bureau Internacional de Pesas y Medidas en el campo de los rayos X y gamma.
- Estatus del standard primario de la dosis absorbida en agua para haces de fotones y electrones de alta energía en el PTB.
- En NPL: Servicio de calibración de dosis absorbida en haces de fotones y electrones de alta energía.

– Otros

• Laboratorios secundarios de calibración

- Control de calidad de los parámetros a tener en cuenta.
- Programas y test de calibración.
- Intercomparación de medidas en diversos laboratorios
- Comparación de las distintas cámaras de ionización usadas en RT y su respuesta a largo plazo.
- Papel de OIEA en estos laboratorios
- Otros

• Estado actual de los protocolos de medida en RT

- Valoración de resultados en la aplicación del protocolo del OIEA TRS-277



– Intercomparación de los distintos protocolos

– Incertidumbres en el punto final de la cadena básica dosimétrica

– Un formalismo consistente para dosimetría de rayos X de baja energía.

– Otros

• **Simulación mediante el método de Montecarlo**

– Factores de corrección para la cámara NE 2571 en haces de fotones de energía media.

– Cámaras plano-paralelas en haces de electrones: nuevos hallazgos sobre el factor de perturbación.

– Cálculos mejorados de las relaciones de poder de frenado y su correlación con la calidad de los haces de fotones usados en terapia.

– Otros

• **En el dominio de Braquiterapia cabe destacar la presentación del borrador de un nuevo ICRU denominado "Dose and volume specification for reporting interstitial therapy", cuyas recomendaciones cubren, entre otros, los siguientes puntos:**

– Descripción de: gran volumen

tumoral, volumen blanco clínico, fuentes, técnica y modelo de fuentes, tiempo, dosis y distribución de dosis, dosis prescrita, dosis media central y dosis periférica, regiones de alta y baja dosis, etc.

Todos los trabajos presentados están pendientes de publicación en un libro del OIEA dedicado a este Simposium.

La programación de la reunión fue tal que una vez finalizada la misma se ofertó la posibilidad de enlazar con la "segunda reunión bianual sobre Física en Radioterapia", que tuvo lugar en Praga del 28 a 30 de Mayo y cuya organización corrió a cargo de la ESTRO. Esta idea fue muy bien acogida por los asistentes puesto que la mayoría de ellos siguieron ruta hacia Praga.

En esta bienal el programa científico se distribuyó entre conferencias de invitados, comunicaciones y posters. En cuanto a la asistencia alcanzó casi a 300 participantes.

Las conferencias versaron sobre los temas siguientes:

- Detectores de radiación usados en Radioterapia.
- Uso de histogramas dosis-volumen para sistemas de planificación 3D.
- Requisitos de ejecución de un equipo de tratamiento de alta energía para radioterapia externa.
- Situación actual de la protonterapia.

Las comunicaciones y posters se

orientaron hacia las áreas siguientes:

- Dosimetría básica
- Protocolos y dosimetría práctica
- Calibración de fuentes de radiación
- Modelos biológicos y optimización
- Propiedades de los haces de radiación
- Contaminación en los haces de terapia
- Algoritmos de los sistemas de planificación y su optimización
- Técnicas especiales de tratamiento
- Terapia conformada y haces asimétricos
- Seguridad del paciente en el tratamiento con RT
- Control de calidad: en RT externa, braquiterapia y sistemas de planificación

La reunión fue un éxito tanto por la calidad científica de los trabajos presentados como por la afluencia de casas comerciales que permitieron ofrecer una gran exposición técnica.

Por último, señalar que el Comité Directivo de la ESTRO otorgó un reconocimiento en calidad de "físico honorario", al Profesor E. Van der Schueren, quien pronunció una conferencia "Control de calidad en Radioterapia: la interacción entre el médico y el físico".

Montserrat Ribas

Hospital de la Santa Creu y Sant Pau





En el número dos de la revista Radioprotección, se hace mención a la I Jornada Nacional de Dosimetría Externa e Interna SEPR-CSIC, celebrada el mes de Abril de 1993.

En dicha jornada se presentó una ponencia titulada: "Dosimetría de la Contaminación Interna CRC y Bioeliminación", presentada por Dña Teresa Navarro Bravo y Dña Alicia Alvarez García, pertenecientes a esta Unidad de Protección Radiológica Interior del C.I.E.M.A.T.

En la parte correspondiente a medidas indirectas, Bioeliminación, se cita como actividad mínima detectable (AMD) alcanzado mediante espectrometría alfa 0.8 $\mu\text{g/l}$. Este valor corresponde a la AMD cuando se realizan análisis de Uranio natural en muestras de orina mediante fluorimetría. En el caso de la determinación de emisores alfa en muestras biológicas mediante espectrometría, la AMD oscila entre 0.5 y 1 mBq por muestra.

Carlos Sancho Llerandi

*Jefe de la U.O. de P.R. Interior
del CIEMAT*



Aceptando la amable invitación que hacéis a través de la REVISTA RADIOPROTECCION, para que colaboremos con nuestras críticas y sugerencias, me gustaría aclarar que en el último número (nº 2 de 1993) en la Sección "Noticias S.E.P.R." en la que se exponen las "Conclusiones provisionales de las jornadas de la Sociedad Española de Protección Radiológica, sobre responsabilidades derivadas del funcionamiento de un Servicio de Protección Radiológica en el ámbito sanitario" y en el resumen correspondiente a la primera mesa redonda "Problemática del Plan de Formación del Personal Profesionalmente expuesto", se omite la participación de nuestro Servicio con una ponencia, cuya fotocopia te adjunto, que tuvo que ser leída por otras personas ya que, como bien sabes, me vi obligada a suspender mi viaje a Salamanca, en el último momento, por motivos familiares.

No es mi ánimo entrar en polémica, pero me gustaría se reconociese la contribución de nuestro Servicio a dichas jornadas.

Esperando no resultar impertinente envío un cordial saludo.

Dra Manzananas Artigas

*Jefe del Servicio
Hospital "12 de Octubre"
Servicio de Protección Radiológica*

A continuación reproducimos íntegro el texto de la ponencia que ha acompañado a la carta de la Dra. M^a J. Manzananas Artigas.

TEMA: LA FORMACIÓN DE LOS MÉDICOS (Mesa redonda sobre la problemática del plan de formación del personal profesionalmente expuesto. I Jornadas sobre Protección Radiológica Hospitalaria).

Una de las funciones asignadas por el INSALUD a los Servicios de Protección Radiológica, que se recogen en el Manual General del Insalud en su cap. 2, párrafo 2.2.2. apartado d), es la formación del personal de sus instituciones en materia de Protección Radiológica.

Los Reales Decretos 1132/1990 y 1891/1991 hicieron que el número de personas susceptibles de recibir la formación "oficial" (Cursos homologados) aumentase sensiblemente.

Por este motivo, el INSALUD suscribió los acuerdos con el CIEMAT, para, con el apoyo de los Servicio de Protección Radiológica, dar la capacitación exigida al numerosísimo personal de Radiodiagnóstico, sin olvidar las Instalaciones Radiactivas.

Si clasificamos los Servicios de un Hospital, según su relación con las Radiaciones Ionizantes, encontramos dos grandes grupos:

- 1) Instalaciones Radiactivas de 2ª y 3ª Categoría.
- 2) Servicios que utilizarán aparatos de Rayos X y que son mencionados directamente (Radiodiagnóstico y Odontología) o no en los Reales Decretos.



A la luz de la experiencia adquirida, en estos casi tres años de vigencia del Acuerdo INSALUD-CIEMAT para formación de personal y después de la frustración que supuso la publicación el 5 de noviembre de 1992 de la Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear, que hizo baldíos los objetivos prioritarios del plan en los dos primeros años para tratar de racionalizar los planes de formación, sería razonable considerar los siguientes hechos significativos:

1º El continuo aumento de personas pertenecientes a Instalaciones de 3ª Categoría (Laboratorios de R.I.A.), que necesitan capacitación y por tanto ocupan gran parte de las plazas de cursos de formación, que por su complejidad y materias, son más adecuados para Instalaciones de 2ª Categoría, que fué para las que se planificaron.

2º El número considerable de facultativos de las más diversas especialidades, que sin ser radiólogos están haciendo, en mayor o menor grado, Radiología Intervencionista y son en muchos casos personal de categoría A.

3º La Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear, supone que los jóvenes radiólogos hayan recibido la formación adecuada, para su capacitación durante su período de Residencia. Lógicamente esta formación correrá a cargo del Servicio de Protección Radiológica, como lo han entendido los Jefes de estos Servicios.

En el primer caso (Laboratorios de R.I.A.), cabe hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Es adecuada la formación exigida oficialmente?
- ¿Todo investigador que trabaje en estas instalaciones, debe someterse a la formación exigida por el Consejo de Seguridad Nuclear?
- ¿Se ha planteado el Organismo regulador que los profesionales de muchas de estas instalaciones, manipulan material biológico de alto riesgo y por tanto, las técnicas de manipulación suelen ser tanto o más estrictas y del mismo tipo que las utilizadas para evitar la contaminación radiactiva?
- ¿No se podría solicitar al Consejo de Seguridad Nuclear, que ya que se han tenido en cuenta o se ha supuesto la formación suficiente en los facultativos de Radiodiag-

nóstico, hiciese un esfuerzo, en simplificar los temarios del personal de estas instalaciones que en muchos casos, trabajan con actividades que están muy cerca de los valores exentos?

Creo que esta sería una buena ocasión, para solicitar del Consejo de Seguridad Nuclear y del Instituto de Estudios Nucleares la consideración de Cursos especiales para este grupo profesional.

Respecto al segundo grupo de profesionales que realizan Radiología Intervencionista:

- ¿Se ha previsto el número de cursos necesario?
- ¿Se conseguirá que asistan a los cursos?
- ¿Es posible asegurar la formación de todos en el año 1994?
- ¿Se prevé que pueda salir una resolución similar a la de los Radiólogos?

Dada la magnitud de este problema, quizás lo más sensato sería planificar el futuro con lógica.

Hemos visto que, aunque todos los médicos no van a dirigir una instalación de Rayos X, cada vez es mayor el número de especialidades que las utilizan. Otras especialidades van a manipular isótopos radiactivos o trabajar en instalaciones radiactivas. Y el grupo restante es muy difícil que, a lo largo de su vida profesional, no tenga que tomar la decisión de prescribir una exploración con radiaciones ionizantes.

¿Enonces, por qué nos planteamos el proponer corporativamente la formación de los residentes? ¿No está prevista la rotación de casi todos los especialistas en formación por el Departamento de Medicina Interna?

Yo creo que se podría proponer una formación básica en Protección Radiológica para todo el mundo durante el primer año de residencia, que se ampliase en un segundo ciclo de especialización con cuatro ramas: Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear, Radioterapia y R.I.A., para los especialistas que en el futuro pudieran necesitar licencia o acreditación.

Un último paso sería homologar estos planes de formación, como Cursos oficiales reconocidos por el Consejo de Seguridad Nuclear.

De esta manera, mediante este procedimiento, en unos pocos años, habríamos conseguido los objetivos:

- Tener promociones de especialistas debidamente capa-

citados y formados en Protección Radiológica.

- Integrar la enseñanza en el quehacer diario sin la convulsión que supone organizar un curso en el momento más inoportuno.

- Que todo residente, al finalizar su formación, tenga conocimiento de la existencia de los Servicios de Protección Radiológica y qué es lo que puede esperar de ellos.



Querido Director:

Como ya conoces, estamos implicados en el proyecto europeo de radiología intervencionista y acordamos en su momento entrar en contacto, en cada uno de los países participantes, con las sociedades científicas implicadas en esta especialidad para conocer algunos parámetros de significación en lo que a P.R. se refiere.

He establecido algunos contactos previos con la Sociedad Española de Radiología Vascular e Intervencionista y he preparado una encuesta (en versión provisional) que he enviado a

dicha Sociedad para su consideración.

Te adjunto una copia de dicha encuesta provisional para que la conozcan los socios de la S.E.P.R. y para recibir las sugerencias que pudieran hacer al respecto.

Los resultados que se obtengan del análisis de la encuesta y del proyecto estarán puntualmente a vuestra disposición.

Un fuerte abrazo.

Eliseo Vañó

*Catedrático de Física Médica. Facultad de Medicina.
U.C.M.*

ENCUESTA SOBRE ASPECTOS DE PROTECCION RADIOLOGICA EN RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

(SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIOLOGIA VASCULAR E INTERVENCIONISTA Y PROGRAMA EUROPEO DE PROTECCION RADIOLOGICA EN RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA. CATEDRA DE FISICA MEDICA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE)

OBSERVACIONES

- La encuesta puede contestarse con carácter anónimo. No obstante, si prefiere indicar en el apartado 23 sus datos personales, se le remitirá en los próximos meses un informe con los resultados globales que se obtengan.

- Esta encuesta es de carácter personal. No se refiere a la actuación o estado global de cada sala o unidad. Responda a las cuestiones que estime oportuno y deje en blanco las que no quiera o no pueda contestar.
- Si Vd.. trabaja en más de una sala, podrá tener diferentes respuestas para algunas cuestiones en función de la sala de que se trata. En estos casos, responda por separado para cada sala y, si fuera necesario, utilice una fotocopia de dichas cuestiones, para que sus respuestas queden claramente diferenciadas.

1

Con respecto a los conocimientos de protección radiológica que posee para ejercer su especialidad, considera que:

Son suficientes

SI ☐ NO ☐

2

Con respecto a los posibles programas de formación/actualización en temas de protección radiológica que se pudieran organizar en el futuro para los profesionales de Radiología Intervencionista con varios años de experiencia, considera que deberían ser:

- Intensivos (unos 2 días a jornada completa)

SI ☐ NO ☐

- Semiintensivos (una semana a media jornada)

SI ☐ NO ☐

Con la siguiente programación (detallar)



3

Con respecto a su instalación, cite por favor los siguientes detalles:

- Año de instalación (aunque sea aproximado):
- Marca y modelo:
El tubo de rayos X está sobre la mesa ☐
El tubo de rayos X está debajo de la mesa ☐
- El equipo permite la adquisición digital de imágenes
SI ☐ NO ☐
- Considera que está actualizada en lo que a prevención de riesgos se refiere
SI ☐ NO ☐
- Considera que está algo anticuada y debería renovarse
SI ☐ NO ☐
- Considera que debería incorporar en su diseño más elementos de protección de los que actualmente tiene (y cite algunos si fuera posible)
SI ☐ NO ☐
- Conoce bien todas las posibilidades de operación y controles del equipo que utiliza
SI ☐ NO ☐
- Considera que sería conveniente que se informara con más detalle sobre algunas de las posibilidades de operación y controles de equipo
SI ☐ NO ☐

4

Con respecto a los elementos de protección externa disponibles en su instalación, cree Que

son suficientes

SI ☐ NO ☐

- Señale por favor, los elementos de protección disponibles en su instalación:

Mampara articulada

SI ☐ NO ☐

Guantes plomados de tacto quirúrgico SI ☐ NO ☐

Delantales plomados

SI ☐ NO ☐

Protectores plomados de tiroides SI ☐ NO ☐

Gafas plomadas u otro tipo de protectores oculares

SI ☐ NO ☐

5

¿Se ha producido en alguna ocasión alguna irradiación importante accidental o de emergencia a personal en su instalación?. Si así fuera, descríbala brevemente.

6

Con respecto a su control dosimétrico individual:

Cree que es suficientemente exhaustivo SI ☐ NO ☐

7

Cuando opera en la sala, lleva habitualmente:

Un dosímetro debajo del delantal SI ☐ NO ☐

Otro dosímetro en el brazo/hombro SI ☐ NO ☐

Otro dosímetro en mano SI ☐ NO ☐

8

En la sala en la que trabaja habitualmente,

Todas las personas usan

dosímetro de forma regular

SI ☐ NO ☐

Hay algunas personas no sometidas a control dosimétrico SI ☐ NO ☐

9

Sus valores de dosis anuales son del orden de:

.... mSv de cuerpo entero

.... mSv en cristalino

.... mSv en manos

Los desconozco SI ☐ NO ☐

10

¿Dispone en su centro de un Servicio de Protección Radiológica propio o contratado que le asesore en los temas de protección radiológica?

SI ☐ NO ☐

11

¿Cree que serían necesarios algunos apoyos adicionales en lo que a protección radiológica se refiere?

SI ☐ NO ☐

Cite algunos si lo cree conveniente.

12

Algunas de las personas que permanecen habitualmente en el interior de la sala (en las inmediaciones del paciente) donde se practica la Radiología Intervencionista

- No utilizan delantal plomado ☐
- No utilizan la mampara suspendida del techo (si existe) ☐
- No utilizan gafas plomadas u otros protectores de cristalino ☐

• No utilizan guantes plomados ☐		cuencia. SI ☐ NO ☐	
13 Cree que su riesgo de exposición a radiaciones ionizantes es: Bajo SI ☐ NO ☐ Medio SI ☐ NO ☐ Alto SI ☐ NO ☐	18 Detalle el número de personas que integran la unidad de radiología intervencionista de su centro. facultativos diplomados en enfermería técnicos de radiodiagnóstico otros	21 Cree que sería conveniente, desde un punto de vista de protección radiológica, que los facultativos conocieran el orden de magnitud de las dosis que se imparten a los pacientes y las que reciben ellos mismos en los diferentes modos de operación (escopia convencional, imágenes de adquisición digitalizada, cine, uso de distintos tipos de lupas, etc.) SI ☐ NO ☐	
14 Considera que deberían potenciarse los esfuerzos e inversiones para mejorar el nivel de protección radiológica de los profesionales de radiología intervencionista? SI ☐ NO ☐	19 Indique si en su opinión, la formación que posee este personal en protección radiológica (PR) es suficiente • Suficiente en todos los casos ☐ • Insuficiente en todos los casos ☐ • Hay algunas personas que no poseen suficiente formación en PR ☐ • Sería conveniente en cualquier caso una formación continuada en PR ☐	22 ¿Estaría interesado en participar en un estudio intercomparativo de varios países de la Unión Europea en el que se midiera la dosis que recibe Ud. como profesional y la de algunos pacientes explorados en su instalación (en cuyo caso recibiría en su momento, un informe con los resultados obtenidos)? SI ☐ NO ☐	
15 ¿En cuantas intervenciones participa Ud. en promedio diariamente?: En una ☐ Entre 2 y 5 ☐ Más de 5 ☐	20 Indique si en su instalación, Existe contrato de mantenimiento SI ☐ NO ☐ • Existen controles de calidad programados SI ☐ NO ☐ • Conoce Ud los resultados de los controles o revisiones	23 Indique su nombre, dirección postal completa del centro donde trabaja, teléfono de contacto y número de fax.	
16 ¿Cuántos años de experiencia tiene en radiología intervencionista? Un año ☐ Entre 2 y 5 años ☐ Entre 5 y 10 años ☐ Más de 10 años ☐			
17 Cite los tres tipos de intervenciones que realiza con más fre-			

REMITIR ESTA ENCUESTA A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN

(En los próximos meses se le informará de los resultados de la encuesta)

Cátedra de Física Médica (Atención Prof. E. Vañó)
Facultad de Medicina. Universidad Complutense
28040 MADRID

Tels.: 394 16 51 / 394 16 75 - Fax: 394 15 55 / 394 12 35



Nota: Se invita a todas las instituciones y entidades que organicen cursos que tengan especial relevancia para los socios de la SEPR, envíen su información para publicarla.

CURSOS DEL CIEMAT

(Programación del año 1994)

• Curso Superior de Protección Radiológica

24 de enero - 22 de abril

• Curso de Protección Radiológica para operar Instalaciones de Rayos X con fines diagnósticos.

14 de marzo - 18 de marzo

• Seminario: Repercusiones del Basic Safety Standard. G.P.Hanson OMS

22 de abril

• Curso de Capacitación para Operadores de Instalaciones Radiactivas.

9 de mayo - 25 de mayo

• Medida de la radiación (α, β, γ) en CCNN.

16 de mayo - 20 de mayo

• Curso de Protección Radiológica para operar Instalaciones de Rayos X con fines diagnósticos.

6 de junio - 10 de junio

• Hematología experimental.

13 de junio - 17 de junio

• Medida de radionucleidos en CCNN por espectrometría gamma.

20 de junio - 24 de junio

• Implicaciones en España de las nuevas Recomendaciones Internacionales de Protección Radiológica (U.E.-DG XI, CSN).

27 de junio - 27 junio

• Curso de Protección Radiológica para Dirigir

Instalaciones de Rayos X.

26 de septiembre - 30 de septiembre

• Curso de Capacitación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas.

03 de octubre - 28 de octubre

• Migración de radionucleidos en la geosfera. Comportamiento de las barreras naturales y artificiales frente a la migración. (ENRESA)

octubre

• Espectrometría

17 de octubre - 21 de octubre

• Nuevos criterios para la intervención en accidentes radiológicos. (CSN)

noviembre

• Medida de radiactividad en muestras ambientales. (CEDEX)

7 de noviembre - 18 de noviembre

• Técnicas y gestión de la dosimetría por termoluminiscencia. (posible colaboración con ISPRA).

11 de noviembre - 25 de noviembre

Si desea más información sobre los cursos, dirijase a:

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA.

Formación en Protección Radiológica

Avda. de la Complutense, 22
28040 Madrid.

Teléfono: 346.62.94.

Fax: 346.60.05

CONGRESOS Y OTRAS REUNIONES

• Off site Emergency Planning for & Response to Nuclear Accidents

27 Jun - 1 Jul

MOL, Bélgica
CEN/SCK Mol (Bélgica) + CEC

• International Conference

on CHEMISTRY IN WATER REACTORS

Theme: operating experience and new developments

24 - 27 Abr
NICE, France

Conference Office, SFEN
48 rue de la Procession

F-75724 Paris Cedex 15
France

Tel: (1) 44 49 60 00

Telex 200 565 see f

Fax: (1) 44 49 60 11

• 4th International Conference on NUCLEAR FUEL REPROCESSING AND WASTE MANAGEMENT (RECOD '94)

24 - 28 Abr

LONDON, UK

RECOD '94

British Nuclear Forum

22 Buckingham Gate

London SW1E 6LB

UK

Tel: 071 - 828 - 0116

Fax: 071 - 828 - 0110

• 94th Meeting of the American ROENTGEN RAY Society

24 - 29 Abr

NEW ORLEANS, Louisiana, USA

American Roentgen Ray Soc.

1891 Preston White Drive

Reston, VA 22091

USA

• 42nd Annual Meeting of the RADIATION RESEARCH Society

25 - 29 Abr

NASHVILLE, Tennessee, USA

Radiation Research Society

1891 Preston White Drive

Reston, VA 22091

USA

Tel: 703 - 648 - 3780

Fax: 615 - 574 - 1274

• Workshop on QUALITY CONTROL FOR X-RAY MACHINES (To be held during the 1994 Annual Congress of the South African Association of Physicists in Medicine)

25 - 29 Abr

PRETORIA, South Africa

Prof. W J Strydom

Dept. of Medical Physics

P O Medunsa 0204

South Africa

• International Symposium on DECONTAMINATION AND DECOMMISSIONING

26 - 29 Abr

D B Gunter

Martin-Marietta Energy Sys.

Decont. & Decomm. Program

P O Box 203

Oak Ridge TN 37831-7298

USA

Tel: (615) 576 - 6281

• 1st International Conference on MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING

4 - 7 May

Dr. S Spyrou

P O Box 2423

Nicosia

Cyprus

Tel: 357 - 230 - 5030

Fax: 357 - 249 - 4953

• International Workshop on ALARA AT NUCLEAR POWER PLANTS

8 - 11 May

HAUPPAGE, New York, USA

Ms. M Beckman

BNL ALARA Center

Building 703M, BNL

Upton, NY 11973

USA

Tel: 516 - 282 - 3228

Fax: 516 - 282 - 5810

• Annual Meeting on BRACHYTHERAPY

9 - 11 May

LINZ, Austria

ESTRO Secretariat

Dept of Radiology

A Z St. Raphael

Kapucijnenvoer 35

B - 3000 Leuven

Belgium

Tel: 32 - 16 - 21 22 13

Fax: 32 - 16 - 21 22 280

• 75th German ROENTGEN Congress

11 - 14 May

WIESBADEN, Germany

Geschäftsselle DRG

Frankfurterstr. 231

D - 63263 Neu - Isenburg

Germany

Tel: (06102)4032

• 1.994 Symposium on RADIATION MEASUREMENTS AND APPLICATIONS

16 - 19 May
ANN ARBOR, Michigan, USA
Ms Helen Lum
3034 Phoenix Memorial Library
University of Michigan
Ann Arbor, MI 48109-2100
USA

• Seminar on the RADIOLOGICAL EXPOSURE OF THE POPULATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY FROM RADIOACTIVITY IN THE MEDITERRANEAN SEA

17 - 19 May
ROME, Italy
Marina - Med Seminar
ENEA - DISP
Via V. Brancati 48
I - 00144 Rome
Italy
Tel: (39) 6 5007 2864
Fax: (39) 6 5007 2856

• Annual Meeting on NUCLEAR TECHNOLOGY 94

17 - 19 May
STUTTGART, Germany
Inforum GmbH
Heussallee 10
D-53113 Bonn
Germany
Tel: (0228) 507 - 223
Fax: (0228) 507 - 262

• International Conference on UTILIZATION OF NUCLEAR ENERGY: ECOLOGY AND SAFETY

17 - 20 May
DUBNA, Russian Federation
Organizing Committee
17 Kursovol Pereulok
119 034 Moscow
Russian Federation
Tel: 290 44 29
Fax: 291 85 06

• 1.994 International HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT Conference

22 - 26 May
LAS VEGAS, Nevada, USA
Meetings Department
American Nuclear Society
555 North Kensington Avenue
La Grange Park, IL 60525
USA

Tel: (708) 352 - 6611
Fax: (708) 352 - 6464

• RADIOLOGY & ONCOLOGY '94

23 - 24 May
HARROGATE, UK
Ms E Carruthers, BIR
36 Portland Place
London W1N 4AT
UK
Tel: 071 - 436 - 7807
Fax: 071 - 255 - 3209

• International Conference on THERMAL REACTOR SAFETY ASSESSMENT

23 - 26 May
MANCHESTER, UK
Ms C Chin, conference Office
Ins of Civil Engineers
1 Great George Street
London SW1P 3AA
UK
Tel: ++ 44 71 839 9803
Fax: ++ 44 71 1743

• Annual Meeting of the German-Swiss RADIATION PROTECTION Association and Exhibition

24 - 26 May
KARLSRUHE, Germany
Mr. W Koelzer, HS
KfK Karlsruhe, P O Box 3640
D - 76021 Karlsruhe
Germany
Tel: ++49 - 7247 - 82 2660
Fax: ++49 - 2747 - 3854

• 7th Asian & Oceanian Congress of RADIOLOGY

28 - 1 Jun
KUALA LUMPUR, Malaysia
Dept. of Radiology
University Hospital
59100 Kuala Lumpur
Tel: 03 - 7581973
Fax: 60 - 3 - 7581973

• 1.994 Annual Meeting of the CARDIOVASCULAR AND INTERVENTIONAL RADIOLOGICAL Society of Europe (CIRSE)

5 - 9 Jun
CRETE, Greece
Prof. Dimitris Kelekis
University of Patras
Dept. of Radiology
Rio - Patras, Greece
Tel: (061) 999 - 215
Fax: (061) 994 - 475

• 12th European EXPERIMENTAL NUCLEAR MEDICINE RESONANCE Conference

6 - 10 Jun
OULU, Finland
J Jokisaari
Department of Physics
University of Oulu
SF- 90570 Oulu
Finland

• Regional Congress of the International RADIATION PROTECTION Association

6 - 10 Jun
PORTSMOUTH, UK
Mr. A Knight
NRPB
Chilton, Didcot,
Oxon OX11 0RQ,
UK

• 3rd International Conference on TRANSPORTATION FOR THE NUCLEAR INDUSTRY

7 - 9 Jun
WINDERMERE, UK
Ms S M Blackburn
Institution of Nucl. Eng
Allan House, 1 Penerley Rd
London SE6 2LQ
UK
Tel: 081 - 698 - 1500
Fax: 081 - 695 - 6409

• Annual Meeting of the American NUCLEAR Society

19 - 24 Jun
NEW ORLEANS, Louisiana, USA
Meetings Department
American Nuclear Society, 555
North Kensington Avenue, La
Grange Park, IL 60525
USA
Tel: (708) 352 - 6611
Fax: (708) 352 - 6464

• Annual Meeting of the HEALTH PHYSICS Society

26 - 30 Jun
SAN FRANCISCO, California, USA
Health Physics Society
800 Westpark Dr., Suite 130
McLean, VA 22101 - 8101
USA

• 4th European PARTICLE ACCELERATOR Conference (EPAC'94)

27 - 1 Jul
LONDON, UK
Ch. Petit-Jean Genaz
CERN-AC
CH - 1211 Geneva 23
Switzerland
Tel: +41 (22) 767 32 75
E - mail CHRISTINatCERNVM
CERN.CH

• International Symposium on PLUTONIUM IN THE ENVIRONMENT

6 - 8 Jul
OTTAWA, Ontario, Canada
Mr. Dallas Santry
Institute f. National Measurement
Standards
NRC
Ottawa, Canada K1A 0R6
Fax: (613) 952 - 9865

• 5th International Conference on LOW LEVEL MEASUREMENTS OF ACTINIDES AND LONG-LIVED RADIONUCLIDES IN BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SAMPLES

10 - 15 Jul
AOMORI, Japan
Prof. N. P. Singh
University of Utah
Env. Rad. & Tox. Lab.
1771 South, 900 West
Salt Lake City, UT 84104
USA
Tel: (801) 974 - 0940
Fax: (801) 974 - 0973

• International Conference on ADVANCES IN LIQUID SCINTILLATION SPECTROMETRY

8 - 12 Aug
GLASGOW, Scotland, UK
Dr. Gordon T Cook
Scottish Universities Res &
Reactor Centre
East Kilbride G75 0QU
Scotland, UK
Tel: (44) 3552 23332
Fax: (44) 3552 29898

• SPECTRUM '94: International NUCLEAR AND HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT Conference

14 - 18 Aug
ATLANTA, Georgia, USA
John L Steele, Westinghouse
Savannah River Company
P O Box 616



Aiken, S. Carolina 29802
USA
Tel: (803) 725 - 1830

• **World Congress of MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING 21 - 26 Aug.**

RIO DE JANEIRO, Brazil
Congrex do Brasil
Rua do Ouvidor 60/414
20040 Rio de Janeiro RJ
Brazil
Tel: 55 21 224 6080
Fax: 55 21 231 1492

• **Interregional Seminar on RADIOTHERAPY DOSIMETRY: RADIATION DOSE IN RADIOTHERAPY FROM PRESCRIPTION TO DELIVERY**

27 - 30 Aug.
RIO DE JANEIRO, Brazil
Conference Service Section
IAEA
P O Box 100,
A - 1400 Vienna,

Austria
Tel: 43 1 2360 1310
Telex: 1 - 12645
Fax: 43 1 234564
Cable: INATOM VIENNA

• **International Workshop on SCIENTIFIC BASES FOR DECISION MAKING AFTER A RADIOACTIVE CONTAMINATION OF AN URBAN ENVIROMENT**

29 Aug - 2 Sep
RIO DE JANEIRO/GOIANIA, Brazil
Dr E.C.S. Amaral
CNEN - Unst. of Radioprotection and Dosimetry
Av. Salvador Allende s/n
Recreio CEP 22780
P O Box 37750
Rio de Janeiro
Brazil
Tel: ++55(21) 348 - 5172
Fax: ++55(21) 442 - 1950

• **13th Annual Meeting of the European Society for**

THERAPEUTIC RADIOLOGY AND ONCOLOGY

24 - 29 Sep
GRANADA, Spain
ESTRO Secretariat
Dept. of Radiotherapy
A Z St Raphael
kapucijnenvoer 35
B-3000 Leuven
Belgium
Tel: 32 - 16 - 33 64 13
Fax: 32 - 16 - 33 64 28

• **15th International Conference on PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED NUCLEAR FUSION RESEARCH**

26 Sep - 1 Oct
MADRID, Spain
Conference Service Section,
IAEA
P O Box 100,
A - 1400 Vienna,
Austria
Tel: 43 1 2360 1310
Telex: 1 - 12645
Fax: 43 1 234564
Cable: INATOM VIENNA

• **3rd International Conference on the DECOMMISSIONING OF NUCLEAR INSTALLATIONS**

26 - 30 September
LUXEMBOURG
FBCL CONFERENCE SERVICES
Rue J. P. Brasseur 29
L-1258 Luxembourg
Tel: 352 - 455518
Fax: 352 - 455905

• **European NUCLEAR Conference & Exhibition**

2 - 6 Oct
LYON, France
Dr. P. Feuz
European Nuclear Society
P O Box 5032
CH-3001 Berne,
Switzerland
Tel: ++41 31 320 61 11
Telex: 912 110 atag ch
Fax: ++41 31 382 92 03



Resumen de los Estatutos:

Art. 5 Los socios podrán ser:

a) Numerarios.- Podrán ser socios numerarios las personas que estando en posesión de un Título Académico Superior desarrollen o hayan desarrollado una actividad profesional directamente ligada a la Protección Radiológica.

b) Agregados.- Podrán ser socios agregados las personas que no cumpliendo los requisitos necesarios para ser admitidos como socios numerarios tengan, sin embargo, una actividad profesional con experiencia reconocida en Protección Radiológica

Art.6 Adquisición de la calidad de socio: La adquisición de la calidad de socio se realizará de la siguiente forma:

a) Los socios numerarios y/o agregados enviarán a la Junta Directiva una solicitud de admisión avalada por dos socios numerarios. La Junta Directiva examinará y, en su caso, aprobará esta solicitud.

Art.7 Derecho de los socios: Los socios tienen derecho a:

- Voz en las Asambleas Generales ordinarias y extraordinarias
- Ser Informados de la marcha de la S.E.P.R.
- Participar en las actividades que la S.E.P.R. promueva o de las que forme parte siguiendo las indicaciones de la Junta Directiva.

Unicamente los socios numerarios tiene derecho a voto en las Asambleas generales ordinarias y extraordinarias a ser candidatos a los cargos directivos de la Sociedad y a solicitar convocatoria de Asamblea general extraordinaria cuando lo acuerden al menos la cuarta parte de los mismos.

Cuota de adhesión a la Sociedad:
5.000 ptas (IVA incluido)



RADIOECOLOGY AFTER CHERNOBYL BIOGEOCHEMICAL PATHWAYS OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES SCOPE 50

F. Warner y R.M. Harrison editores.
Published by John Wiley and Sons Ltd.
Chichester (1993).

Esta publicación ha sido preparada por un Comité (SCOPE) del International Council of Scientific Unions. En el mismo se

incluye información de muy variadas fuentes sobre la experiencia reciente de radiactividad en el medio ambiente y en especial la recogida después del accidente de Chernobyl. Podría con-

siderarse una verdadera revisión de la Radioecología con un análisis de las fuentes de radiactividad, estudio de casos de emisiones importantes, vías atmosféricas, terrestres y acuáticas así como en el medio urbano. Se incluye información referida a radionucleidos artificiales y naturales y estudios experimentales y de modelización.

En resumen se trata de una valiosa compilación de información con una extensa bibliografía y será de utilidad para un amplio sector científico interesado en aspectos medioambientales.

SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes
United Nations, New York
(1993)

Este amplio informe del Comité Científico continúa una serie iniciada hace más de 30 años. El inmediato anterior data de 1988.

Además de un informe principal que se presenta a la Asamblea General de las Naciones Unidas este informe de 1993 incluye nueve Anexos Científicos detallados.

En los Anexos se presentan evaluaciones actualizadas de los niveles de radiación y dosis debidas a fuentes naturales y artificiales incluyendo por separado la irradiación debida a usos médicos y a la exposición ocupacional. Por otra parte existen también Anexos científicos referidos a efectos de la radiación. En particular se incluyen avances recientes en oncogénesis, influencia de las dosis y tasa de dosis, efectos hereditarios, sobre el cerebro y efectos deterministas en niños.

Es de hacer notar que, en lo que se refiere a niveles y dosis, se ha incluido una gran cantidad de información mundial. En especial, por primera vez se incluye un abundante aporte de resultados obtenidos en España sobre exposición ocupacional, emisiones al medio ambiente, etc. así como resultados de estudios sobre radiación natural e irradiación médica.

En resumen esta es una obra imprescindible

dible para todos los que trabajan en diferentes ámbitos de la protección radiológica.

NUEVAS PUBLICACIONES DE LA NCRP (NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS)

NCRP
Report Nº 115
Risk estimates for Radiation Protection

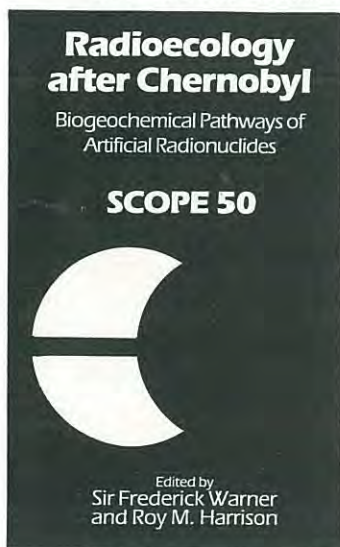
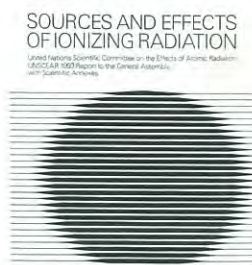
NCRP
Report Nº 116
Limitation of Exposure to Ionizing Radiation

NCRP
Proceedings Nº 14
Radiation Protection in Medicine

NUEVA PUBLICACION DE ICRP SOBRE RADON

"Protection against radon-222 at home and at work".0

En esta publicación el ICRP introduce nuevas recomendaciones sobre el tratamiento a dar al radón por parte tanto de las autoridades nacionales como por los especialistas en protección radiológica. ICRP sugiere valores de niveles de intervención de 200-600 Bq/m³ para hogares y 500-1500 Bq/m³ para lugares de trabajo.





*La revista **RADIOPROTECCION** es el órgano de expresión de la **SEPR** y su publicación será, al menos, semestral.*

*Los artículos deben tener relación con la protección radiológica y, en general, con todos los temas que puedan ser de interés para los miembros de la **SEPR**.*

Siempre se acusará recibo de los trabajos recibidos, pero ello no compromete a su publicación. No se mantendrá correspondencia sobre los trabajos, ni se devolverá ningún original recibido.

Los manuscritos serán revisados y evaluados por el Comité Científico.

Los Comités de Redacción y Científico se reservan el derecho de introducir modificaciones de estilo así como de acortar el texto que lo precise, comprometiéndose a respetar el contenido del original.

Los trabajos aceptados son propiedad de la Revista y su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita de la editorial de la Revista.

Los conceptos expuestos en los trabajos publicados, en esta Revista, representan exclusivamente la opinión personal de sus autores.

La revista incluirá, además de artículos científicos, secciones fijas en las cuales se reflejarán noticias de la propia Sociedad, otras noticias de interés, publicaciones, etc. Se incluirá también una sección de "Cartas al Director".

Todo trabajo o colaboración se enviará, por triplicado, al Comité de Redacción de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Pza. Chamberí, 10 -4º Izda., 28010 MADRID.

1. Manuscritos:

1.1. Los trabajos estarán redactados en español y no pueden tener una extensión mayor de diez (10) folios de 36 líneas cada uno, mecanografiados a doble espacio y numerados correlativamente.

1.2. Los gráficos, dibujos, fotografías o anexos, que acompañan al artículo, no entran en el cómputo de los diez folios.

1.3. Siempre que sea posible se acompañará el texto escrito del correspondiente diskette con la copia en programa "Word Perfect" o compatible con IBM.

2. Título y Autores:

En el primer folio deberá figurar, y por este orden, título del artículo, nombre y apellidos de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, domicilio para la correspondencia, teléfono de contacto y otras especificaciones que se consideren oportunas.

3. Resumen:

Tendrá una extensión máxima de 150 palabras y deberá estar redactado de forma que dé una idea general del artículo.

4. Texto:

Estará dividido en las suficientes partes, y ordenado de tal forma, que facilite su lectura y comprensión, ajustándose en lo posible al siguiente esquema:

Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

5. Referencia Bibliográfica:

Al final de todo artículo podrá indicarse, si es el caso, la bibliografía o trabajos consultados.

Se presentarán según el orden de aparición en el texto con la correspondiente numeración correlativa.

Se utilizarán las abreviaturas recomendadas en el Chemical Abstracts y en el Index Medicus.

6. Ilustraciones y Tablas:

Se utilizarán aquellas que mejor admitan su reproducción.

Las **gráficas** estarán agrupadas al final del texto principal, produciendo que la información no se duplique entre sí.

Las **fotografías** se enviarán sobre papel blanco brillante y con un buen contraste. El tamaño será de 9 x 12 cm.

Los gráficos y las fotografías irán numeradas en números arábigos, de manera correlativa y conjunta, como **figuras**. Se presentarán por separado del texto, dentro de sendos sobres, y los pies de las figuras deben ir mecanografiados en folio aparte.

Las **tablas** se presentarán en folios aparte del texto, con la numeración en números romanos y el enunciado correspondiente; las siglas y abreviaturas se acompañarán de una nota explicativa a pie de página



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA
afiliada a la
INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (I.R.P.A.)

SOLICITUD DE ADMISION

Datos personales:

Apellidos Nombre

Fecha nacimiento Dirección particular

..... Código postal y Población Tfno (.....)

Empresa o Centro de trabajo Cargo

Departamento Dirección

Código Postal y Población Tfno (.....)

Estudios y formación

.....

Experiencia profesional

.....

.....

Publicaciones y trabajos relacionados con protección radiológica

.....

.....

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director de Código entidad

Sucursal Código oficina Dígito de control

C/Pza.

Localidad Código postal



(sigue)

.....

.....

Enviar correspondencia a :

☐ Dirección particular

☐ Lugar de trabajo

Socios que avalan su candidatura:

D/Dña.....Firma.....

D/Dña.....Firma.....

El abajo firmante solicita su ingreso en la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA comprometiéndose a cumplir sus Estatutos, en calidad de socio

☐ Numerario

☐ Agregado

Firma.....Fecha.....

Muy Sr. Mío:

Le ruego que, hasta nueva orden, abonen con cargo a mi cuenta/libreta N° en esa Entidad, los recibos que a mi nombre les presente al cobro la "SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA", c/ Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.

Atentamente

(firmado)

Nombre y Apellidos



CAMARA DE IONIZACION RAM ION

- Medida en $\mu\text{Sv/h}$ y μSv .
- Congelación del punto máximo de medida en $\mu\text{Sv/h}$.
- Umbrales de Alarmas en $\mu\text{Sv/h}$ y μSv .
- Indicación de Fallo Batería.
- Constante de Tiempo automático (8,4 y 2 seg.).
- Volumen de la Cámara: 500 cc.
- Peso: 850 gr.
- * Medida en continuo con transmisión de los datos, vía, teléfono, radio o cable a un P.C.
- * Lector de códigos de barras y tarjeta de memoria con RS 232 incluida en la cámara y software básico.
- * Software con niveles de Acceso, Historiales, Gráficos, Planos de Instalación, Introducción del n.º de serie y su factor de calibración, software llave en mano.
- * Opcional.

OTROS EQUIPOS:

- Monitores de contaminación.
- Monitores con intercambio de sondas para medidas de Alfa, Beta, Gamma, Rayos X e I 125.
- Monitores ambientales.
- Monitores portátiles de radiación.
- Pértigas para medida a distancia.



- Programas llave en mano, para monitores ambientales, redes, cámaras de ionización, etc.

Servicio Técnico Oficial de ROTEM INDUSTRIES LTD

LAMSE, s. L. P.º Imperial, 6, 2.º D-2 - Tel. (91) 366 96 01 - Fax (91) 366 96 09

**MONITOR PORTATIL $\alpha - \beta - \gamma$ RAM GENE I**

- Medida de cps y $\mu\text{Su/h}$. (cpm y mR/h).
- Fallo de detector.
- Fallo de Batería Baja.
- Fallo de Overflow.
- Indicación acústica y luminosa.
- Detector "pancake" G.M. con un área efectiva de 15 cm².
- Batería de 9 v. (50 horas de continuo funcionamiento. Opcional batería recargable).
- Background 0 - 1 cps.
- Soporte de mesa.
- Peso 340 gr.
- Medida: 11 cm. x 6,7 cm. x 7,4 cm.

OTROS EQUIPOS

- Monitores portátiles para I 125.
- Monitores de contaminación.
- Monitores con intercambio de sondas para medidas de Alfa, Beta, Gamma, Rayos X e I 125.
- Monitores ambientales.
- Monitores portátiles de radiación.
- Pértigas para medida a distancia.
- Programas llave en mano, para monitores ambientales, redes, cámaras de ionización, etc.

Tecnología ... Calidad ... Servicios ...



Santiago Rusiñol, 12
28040 MADRID - ESPAÑA
Tel. (91) 347 42 00
Fax. (91) 347 42 15

