

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

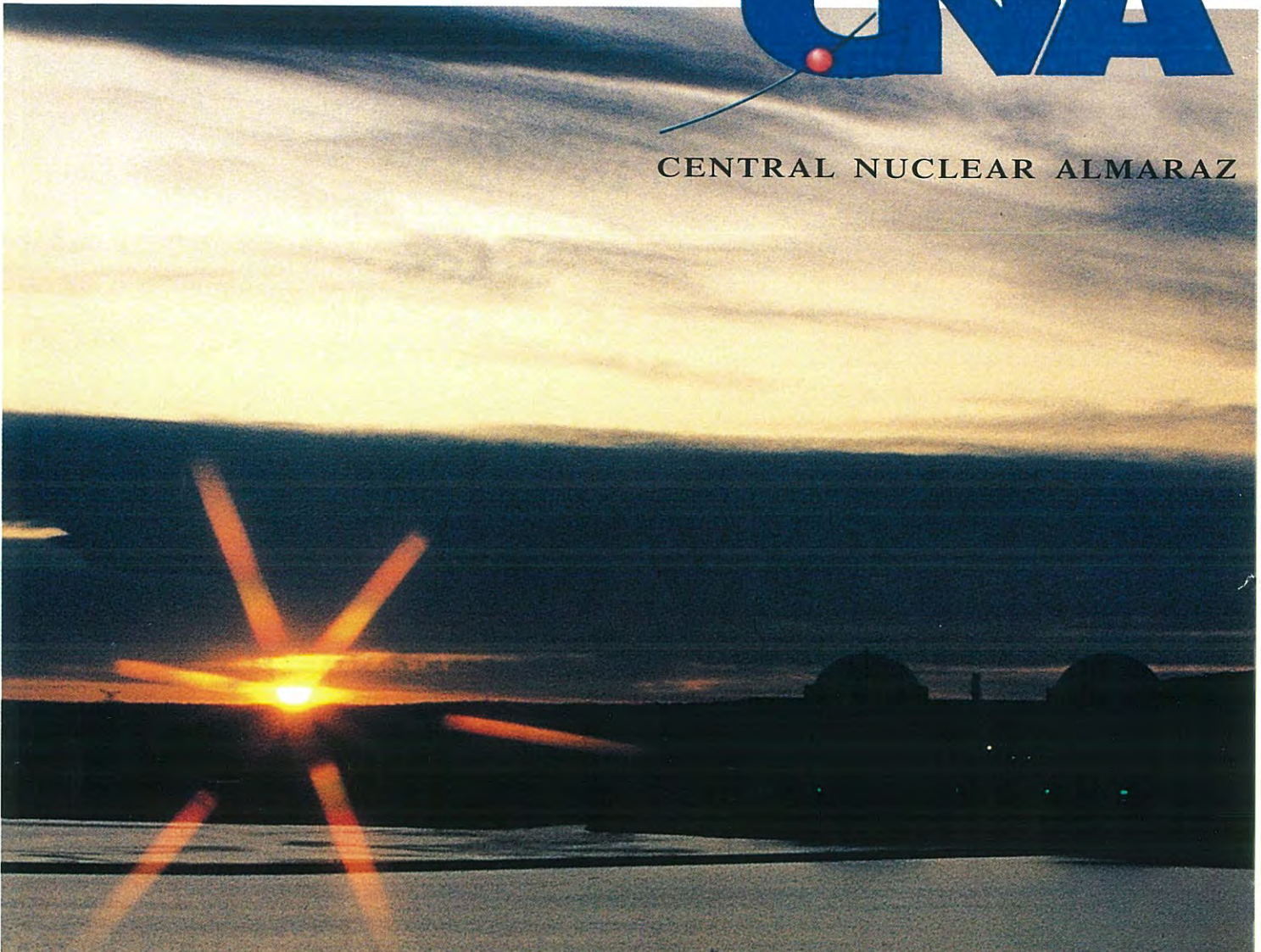


- ✓ **ESTIMACIÓN DE DOSIS**
a pacientes de MEDICINA NUCLEAR. Implementación de un PROGRAMA de CÁLCULO y METODOLOGÍA para su puesta en marcha
- ✓ **Estudios sobre el CICLO del PLUTONIO en ECOSISTEMAS MARINOS**
- ✓ **RESPUESTA ADAPTATIVA EN CÉLULAS. EL PAPEL que pueden desempeñar en los ORGANISMOS VIVOS**
- ✓ **ENTREVISTA:**
K. E. DUFTSCHMID
y J. LOCHARD

Nº 18 • Vol. VI • 1998

CNA

CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ





RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº 18. Vol. VI • 1998

Director: Eduardo Sollet

Comité de Redacción

Coordinadora: M^a Luisa España
Antonio López Romero, José Miguel Fernández
Soto, Paloma Marchena, Teresa Navarro
y Alicia Martínez.

Comité Científico

Coordinador: José Gutiérrez
Josep Baró, Pedro Carboneras, Miguel Carrasco,
Felipe Cortés, Antonio Delgado, Eugenio Gil,
Ignacio Hernando, Jerónimo Iñiguez, Luis M. Mar-
tín Curto, Pedro Ortiz, Vicente Rius, Francisco J.
Ruiz Boada, Angeles Sánchez y Luis M. Tobajas.

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: Xavier Ortega
Vicepresidente: Ignacio Hernando
Vicepresidente (Congreso 2000):
Roberto Martín
Vicepresidente (Asuntos Especiales):
Leopoldo Arranz
Secretaría: M.^a Luisa España
Tesorero: José Pío Carmena
Vocales: Juan Manuel Campayo
Antonio Delgado
Antonio López
M.^a Jesús Muñoz
Cristina Núñez
de Villavicencio

Realización y Publicidad

EDICOMPLET, S.A.
Apolonio Morales, 27 • 28036 Madrid
Tel: 91 - 350.49.17 • Fax: 91 - 350.76.52

Imprime DGB
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	73
✓ Colaboraciones	
• ESTIMACIÓN DE DOSIS	75
"Estimación de dosis a pacientes de Medicina Nuclear. Implementación de un programa de cálculo y metodología para su puesta en marcha"	
<i>C. Prieto, M.L. España, L. Tomasi, P. López Franco</i>	
• CICLO DEL PLUTONIO	83
"Estudios sobre el ciclo del plutonio en ecosistemas marinos"	
<i>J. Merino Pareja, J.A. Sánchez Cabeza, J. Molero Savall, P. Masqué Barri</i>	
✓ Contribución invitada	92
"Respuesta adaptativa en células. El papel que puede desempeñar en los organismos vivos"	
<i>H. Smith</i>	
✓ Entrevista	
Entrevista con K.E. Duftschmid y J. Lochard	103
✓ Opinión	106
✓ Noticias S.E.P.R.	109
✓ Informaciones de interés	126
✓ Información del Grupo Iberoamericano	144
✓ Publicaciones	147
✓ Convocatorias	149

SOCIOS COLABORADORES SEPR

AGFA 



LAMSE, S.L.
LABORATORIO Y MANTENIMIENTO
DE SISTEMAS ESPECIALES




IBERDROLA

PHILIPS

enresa



PROINSA

 **ENUSA**

INITEC

 **SGS** Grupo SGS Ciat
TECNOS Garantía de Calidad, S. A.

 **GEOCISA**
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.



SIEMENS

H. Cornic, S.L.
INSTRUMENTOS CIENTIFICOS E INDUSTRIALES



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

3M


CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ


COFRENTES
CENTRAL NUCLEAR


UNION FENOSA
CENTRAL NUCLEAR "JOSE CABRERA"




CENTRAL NUCLEAR
VANDELLOS II A.I.E.

*Gracias a todos
por vuestro apoyo*

Después del Congreso de Barcelona

Se apuntaban, en el Editorial del número anterior de la revista **RADIO-PROTECCIÓN**, algunos de los retos que se presentaban a la SEPR. El más inmediato de ellos era, en aquel momento, el del Congreso de Barcelona. Una crónica "en caliente" sobre dicho Congreso aparece en este número. Para la nueva Junta Directiva dicho acontecimiento pertenece al pasado próximo y debe servir de referencia obligada y fuente de análisis para extraer las conclusiones que correspondan tanto sobre los aspectos positivos como negativos del mismo de manera a obtener enseñanzas útiles para futuras actuaciones. Ahora es el momento de

iniciar una nueva singladura en la que el reto más urgente es el de implantar la nueva estructura funcional de la Sociedad.

En efecto, la configuración de los **Sectores de actividad** debe favorecer un mayor conocimiento de las áreas de interés profesional de los integrantes de la Sociedad. Cuanto mayor sea el número de asociados que hayan expresado su particular adscripción a dichos sectores, se dispondrá de una información más fiable que redundará en una mejor planificación de las actividades de la SEPR. El número de respuestas recibidas hasta el momento es considerable, aunque insuficiente. Desde aquí hacemos un llamamiento especial y animamos a cuantos aún no se han

manifestado a que lo hagan con urgencia.

Un elemento que puede ser de gran trascendencia en el futuro inmediato de la Sociedad es la constitución de las **Comisiones de la Junta Directiva**. Se trata de que el conjunto de iniciativas ya sean individuales, de grupos o sectoriales reciban la atención y el apoyo necesario para poder ser llevadas a buen puerto por los miembros más activos de la Sociedad con la implicación y el compromiso de la Junta Directiva.

Así, la Comisión de **Asuntos Institucionales**, cuyo responsable es el presidente de la SEPR, debe reunir necesariamente a todos los responsables de las acciones de proyección externa de la Sociedad.

*La Comisión de Actividades Científicas, cuyo responsable es el Vicepresidente de la SEPR, entenderá sobre el conjunto de actividades científico-técnicas, incluyendo el Congreso de la SEPR. El Secretario General de la Sociedad es el responsable de la **Comisión de Normativas**, que tendrá particular responsabilidad en la articulación y organización interna de la Sociedad.*

*Un miembro de la Junta es responsable de la **Comisión de Comunicaciones y Publicaciones** que incluirá entre otras actividades la de*

*la revista **RADIOPROTECCIÓN**. El Tesorero de la Sociedad es el responsable de la **Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**.*

La aparición de este número de la revista coincide con los primeros pasos que la nueva Junta Directiva está llevando a cabo para poner en marcha la nueva estructura organizativa. En particular las incipientes Comisiones formadas deberán canalizar y coordinar las actividades a desarrollar por la SEPR en los próximos meses. Asimismo deberán ayudar a la Junta Directiva en la

tarea de llevar a cabo, a lo largo del último trimestre del presente año, la elaboración de un presupuesto por programas que recoja las actividades que se planeen para el próximo año 1999.

Confiamos que este nuevo modo de operar sea percibido como una manera actualizada de abordar los nuevos retos que sin duda la Sociedad Española de Protección Radiológica tiene ante sí y que responde al deseo que la Asamblea de Socios formuló hace dos años en Córdoba.



ESTIMACIÓN DE DOSIS A PACIENTES DE MEDICINA NUCLEAR. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CÁLCULO Y METODOLOGÍA PARA SU PUESTA EN MARCHA



tendiendo a los requerimientos de la Directiva Europea 97/43/Euratom del 30 de junio de 1997 y del Real Decreto 1841/1997 del 19 de diciembre de 1997 de control de calidad en medicina nuclear, en nuestro Hospital se está desarrollando un programa de garantía de calidad en medicina nuclear. Este programa incluye, por una parte, el control de calidad del equipamiento, y por otra, la estimación de las dosis recibidas por los pacientes sometidos a exploraciones de medicina nuclear. Este artículo está centrado en este segundo aspecto, presentándose una nueva aplicación informática, desarrollada en nuestro

Servicio, para el cálculo de dosis absorbidas en los distintos órganos y de dosis efectivas recibidas por los pacientes de medicina nuclear, a partir de datos de ICRP-53 y del addendum a dicha publicación.

Our hospital is developing a nuclear medicine quality assurance program in order to comply with the medical exposure Directive 97/43/Euratom and the legal requirements established in our legislation. This program includes the quality control of equipment and, in addition, the dose estimation in patients undergoing nuclear medicine examinations. This paper is focused in the second aspect, and presents a new computer program, developed in our Department, in order to estimate the absorbed dose in different organs and the effective dose to the patients, based upon the data from the ICRP publication 53 and its addendum.

C. Prieto,
M. L. España,
L. Tomasi,
P. López Franco
Servicio de Protección
Radiológica.
H. U. de la Princesa
(Madrid).



INTRODUCCIÓN

La Directiva Europea relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas [1], en su artículo 8 establece que "Los Estados miembros deberán garantizar que el titular de la instalación radiológica tenga implantados los pertinentes programas de garantía de calidad que incluyan las medidas de control de calidad y las evaluaciones de las dosis al paciente y actividad administrada".

La reciente publicación del Real Decreto de control de calidad en medicina nuclear [2], en su artículo 3 establece la obligatoriedad, por parte del titular del centro en el que esté ubicada la unidad asistencial de medicina nuclear, de implantar un programa de garantía de calidad, con objeto de asegurar la optimización de la dosis efectiva recibida por los pacientes como consecuencia de administración de radiofármacos. Esta optimización debe ser el resultado de una evaluación coste-beneficio, es decir, de un balance entre el riesgo asumido por la administración de una determinada actividad de un radionucleido y el beneficio diagnóstico que se le supone a la prueba.

La estimación de la actividad óptima de un radiofármaco para una prueba diagnóstica dada es compleja. Esta actividad depende del tipo de equipamiento utilizado, de la complejidad y peso del paciente, de sus características metabólicas y de su condición clínica y, a veces,

de la experiencia del especialista que evaluará la imagen [3]. Para un equipo dado, el valor diagnóstico de la información obtenida variará con la actividad administrada. Efectivamente, hay un umbral de actividad administrada por debajo del cual no se obtiene ninguna información útil. Por encima de este nivel, la calidad diagnóstica (y por tanto, la utilidad de la imagen) aumenta con la actividad. Una vez conseguida una calidad de imagen aceptable, sucesivos aumentos de la actividad administrada producirán un aumento de la dosis absorbida, con un aumento pequeño, nulo o incluso negativo de la información diagnóstica.

Entre otros aspectos, el programa de garantía de calidad deberá incluir las dosis efectivas por unidad de actividad administrada de los radiofármacos utilizados, con objeto de poder calcular la dosis recibidas por los pacientes de medicina nuclear.

Especial consideración requieren las mujeres embarazadas o con capacidad de procrear, así como las mujeres que están amamantando [3,4].

La evaluación de estas dosis supone, sin embargo, un gran problema en el que no hay más remedio que asumir multitud de suposiciones, y en el que las incertidumbres con las que se debe trabajar están muy por encima de las que son habituales en otras áreas de aplicación de la física de las radiaciones. Esta incertidumbre no proviene de la física del problema, sino más bien de

la biología implicada en el mismo. Efectivamente, se conocen bien los mecanismos de desintegración de los distintos radionucleidos, las energías de emisión y las probabilidades de interacción de la radiación en el medio biológico que supone el paciente. Sin embargo, la biología no puede parametrizarse de la misma forma. Los modelos biocinéticos [5-8] que se utilizan son aproximaciones en las que se considera un número limitado de cavidades con velocidades definidas de captación, metabolismo y vaciamiento del radiofármaco considerado. La actividad de los órganos o tejidos no considerados en estos modelos se supone distribuida uniformemente.

La experiencia con estos modelos es grande, pero todavía son una burda aproximación de una realidad mucho más compleja. El origen de esta complejidad puede esquematizarse en los siguientes puntos:

1. Los radiofármacos pueden contener radionúclidos en forma iónica, pueden formar parte de moléculas orgánicas o formar complejos. El comportamiento metabólico variará enormemente según la forma química y, así, un mismo radionucleido formando parte de una molécula orgánica, se comportará de forma distinta de otro que se halle en forma iónica.

2. Una evaluación precisa de las dosis absorbidas en los distintos órganos y tejidos, implica un conocimiento profundo de la distribución y metabo-

lismo a largo plazo de cada radionucleido en cada órgano según la vía de administración, es decir, es necesario conocer la curva actividad-tiempo para cada órgano y radiofármaco. Esto exige un modelo compartimental con diversos órganos de los que se conozcan porcentajes de distribución y flujo de radiofármacos entre ellos. Sin embargo, estos datos muchas veces no se conocen bien o deben extrapolarse de datos obtenidos en animales. Además, estos valores cambian de un individuo a otro, de un adulto a un niño, de un individuo sano a otro enfermo, y de una patología a otra. Por si esto fuera poco, junto al radiofármaco muchas veces se añaden sustancias que bloquean la incorporación en un determinado órgano (agentes de bloqueo) o que facilitan la eliminación biológica del radiofármaco (hidratación, laxantes, etc), los cuales hacen cambiar radicalmente las dosis absorbidas en determinados órganos.

3. Las fuentes de radiación que suponen los distintos órganos del paciente, no son puntuales, sino extensas, y su forma se adapta, al tratarse de un fluido, a las formas irregulares del órgano, tejido o sistema que contenga la actividad.

Por todo ello, es difícil establecer un procedimiento metrológico general. La diferencia entre valores calculados de dosis absorbida y los experimentales no parecen desviarse, sin embargo, en más de un factor 3 [9]. Esta desviación es menor para sustancias marcadas con

TABLA I CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROGRAMA DOMENU	
1.	Programado en Visual Basic versión 3.1 profesional (hay versiones más actuales desde hace tiempo en el mercado, pero con ellas perderíamos el objetivo de conseguir un programa utilizable incluso en un 286 con las características necesarias).
2.	Número total de archivos: 33 Además del archivo ejecutable (<i>Domenu.exe</i>), contiene los archivos: <ul style="list-style-type: none"> • 14 archivos de sistema (*.dll, *.vbx). • 14 archivos de base de datos (*.mdb, *.ldb). • 4 archivos gráficos (*.bmp, *.ico).
Todos estos archivos se autoinstalan en el directorio correspondiente mediante un programa ejecutable de instalación.	

radionucleidos de vida media corta como el ^{99m}Tc . Las dosis efectivas son menos sensibles a variaciones en los modelos de distribución que las dosis absorbidas en órganos, siendo las discrepancias del orden de un factor 2 [10].

MATERIAL Y MÉTODOS

Dentro del programa de garantía de calidad en Medicina Nuclear de nuestro hospital, se ha elaborado un proyecto de protocolo para la estimación de dosis absorbidas en los distintos órganos y de las dosis efectivas en pacientes de Medicina Nuclear. Este proyecto incluye la elaboración de una aplicación informática para la estimación de dichas dosis.

El programa ha sido realizado con Visual Basic versión 3.1 profesional [11] en entorno Windows, tomando como bases de datos las de la publicación

ICRP-53 [4] y las del addendum [12] posterior a ésta.

Las características técnicas del programa y las necesidades de *hardware* y *software* se resumen en las Tablas I y II.

TABLA II NECESIDADES DE HARDWARE Y SOFTWARE	
Se ha intentado hacer un programa lo más estándar posible, de tal forma que se pueda utilizar desde la práctica totalidad de los ordenadores que se pueden encontrar habitualmente en un Servicio de Protección Radiológica.	
1.	CPU: 80286 o posterior.
2.	5 Mb de espacio en disco duro.
3.	Modo gráfico 800x600 (o superior), color 16 bits (o superior).
4.	Windows 3.1 o posterior.



CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS DATOS DE ICRP-53 Y DE SU ADDENDUM

En ICRP-53 se presentan tablas de dosis absorbida por unidad de actividad administrada (mGy/MBq) para una serie de órganos y tejidos del "hombre de referencia". Se incluye, asimismo, el equivalente de dosis efectiva por unidad de actividad administrada (mSv/MBq). Estos datos se recogen en forma de tabla para cada uno de los radiofármacos considerados y para los grupos de edad: adulto y niño de 15, 10, 5 y 1 año. En algunos casos no hay datos para niños por carecer de un modelo adecuado.

Las dosis en órganos o tejidos no incluidos de manera explícita en las tablas, pueden estimarse aproximadamente con el valor dado en el epígrafe "otros tejidos". La dosis al embrión, y al feto cuando se sabe que no hay transferencia a través de la placenta, puede estimarse a partir de la dosis en útero.

El cálculo del equivalente de dosis efectiva se realiza teniendo en cuenta los tejidos y factores de ponderación recogidos

en ICRP-26 y se añade la dosis correspondiente a los 5 órganos, sin factor de ponderación específico, que reciben más dosis. Estos 5 órganos adicionales se marcan con un asterisco tanto en las tablas de ICRP-53 como en el programa DOMENU.

El addendum a ICRP-53 surge como consecuencia de dos cambios:

1. Se cambian los valores para los tiempos de eliminación de sustancias excretadas a través de los riñones y la vejiga. Se utiliza un modelo de vaciamiento de la vejiga variable con la edad. Estos periodos de vaciamiento están basados en las tasas de producción de orina descritas en ICRP-23 (1975) y en el intervalo entre llenado y vaciamiento de la vejiga discutido en ICRP-53 (1987).

2. Entre la publicación número 53 de ICRP (1987) y su addendum (1992), ICRP editó en 1991 su publicación número 60 [13], en la que, entre otras muchas cosas, aparece el nuevo concepto de "dosis efectiva"¹, que tiene en cuenta nuevos factores de ponderación (W_T) para los diferentes órganos y tejidos considerados en su estimación. Estos facto-

res se han determinado a partir de una población de referencia de igual número de personas de ambos sexos con un amplio espectro de edades, y son aplicables tanto para trabajadores como para la población en su conjunto, así como a cualquiera de los dos sexos. Como consecuencia de la introducción de estos nuevos factores de ponderación, este addendum considera un número mayor de tejidos y, además, se hace equivalente el intestino grueso inferior al colon a efectos de cálculo dosimétrico para protección radiológica, y el intestino grueso superior se incluye en el epígrafe "resto de órganos".

En este addendum también se incluyen algunos radiofármacos nuevos (no incluidos en ICRP-53), para los que se ha calculado la dosis absorbida por órgano y grupo de edad y la dosis efectiva para cada uno de los grupos de edad. Además se incluyen los valores de dosis efectiva de los radiofármacos incluidos en ICRP-53, pero sólo para adultos.

Dado que los conocimientos radiobiológicos evolucionan continuamente, los valores de los factores de ponderación pueden seguir cambiando, tal y como ha ocurrido al pasar de ICRP-26 a ICRP-60.

¹La dosis efectiva se define en ICRP-60 como la suma de dosis equivalente ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo, es decir:

$$E = \sum_T W_T H_T = \sum_T \sum_R W_T W_R D_{T,R}$$

donde H_T es la dosis equivalente en el tejido u órgano T , w_T es el factor de ponderación correspondiente al tejido T , w_R es el factor de ponderación de la radiación y $D_{T,R}$ es la dosis absorbida promediada sobre el órgano o tejido T debida a la radiación R . La dosis efectiva es, por tanto, la suma de las dosis absorbidas doblemente ponderadas (por tipo de radiación y radiosensibilidad del órgano) en todos los tejidos y órganos del cuerpo.

Esto puede llevar a confusión, pues la definición de dosis efectiva no está restringida a un conjunto de valores de factores de ponderación. La denominación de "equivalente de dosis efectiva" se sustituyó por la de "dosis efectiva" para evitar nombres innecesariamente engorrosos, como "equivalente de dosis efectiva comprometida colectiva", no porque se hayan sustituido los factores de ponderación de radiación y de tejido [13, 14]. La posible confusión que llevan implícitas estas consideraciones es aún mayor en el caso español [15], en el que una traducción desafortunada del término inglés "effective dose equivalent" por "dosis equivalente efectiva" o simplemente "dosis efectiva" en nuestra legislación [16], nos ha llevado a la situación actual en la que la traducción errónea antigua coincide con la correcta traducción de la nueva magnitud definida en ICRP-60. Esta situación, afortunadamente, parece transitoria, pues nuestra legislación deberá cambiar para adaptarse a las recomendaciones de las Directivas Europeas. Así, en el Real Decreto de criterios de calidad en medicina nuclear ya se habla de dosis efectiva (artículo 2.2).

ICRP no recomienda corregir los valores antiguos de equivalente de dosis efectiva (aunque ella misma lo haga para adultos en el Addendum a ICRP-53), y establece como "apropiado" sumar valores de equivalente de dosis efectiva con dosis efectivas, sin realizar ninguna corrección (ICRP 60, párrafo 31).

Por tanto, además de la incertidumbre asociada a la estimación de dosis en

pacientes de medicina nuclear, se une la confusión debida a:

- El cambio de factores de ponderación de tejido al pasar de ICRP-53 a su addendum posterior.
- La errónea traducción del término inglés "effective dose equivalent".
- Los radiofármacos considerados en ICRP-53 consideran menos órganos, distintos factores de ponderación y distintos factores de vaciamiento de vejiga. En el addendum, sin embargo, no se recalculan las dosis absorbidas debidas a la administración de estos radiofármacos y las dosis efectivas sólo para adultos.

Por tanto deben extremarse las precauciones para evitar ambigüedades y confusiones, y la única forma de evitarlo es especificar siempre los datos en los que se basan nuestros cálculos.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE DOSIS EN PACIENTES SOMETIDOS A PRUEBAS CON RADIOFÁRMACOS

El proyecto se ha dividido en tres fases:

- FASE I:

Desarrollo de una aplicación informática para la estimación de dosis (absorbidas y efectivas) tras la admi-

nistración de radiofármacos. Esta aplicación informática es ya una realidad en nuestro servicio. La dosis absorbida en órganos nos servirá para estimar las dosis en órganos de riesgo, y en embrión o feto cuando se sabe que no hay transferencia a través de la placenta. Las dosis efectivas, por su parte, servirán para la evaluación del riesgo radioinducido (aparición de efectos estocásticos) de los pacientes sometidos a este tipo de pruebas.

La dosis efectiva es una medida del detrimento radiológico en la población en general, promediado por la distribución de edades de la población en general y con el mismo número de miembros de ambos sexos. Por tanto, la dosis efectiva sólo puede ser un indicador aproximado del detrimento radiológico relativo en pacientes de un sexo específico y/o en grupos de edad específicos.

- Protocolización de exploraciones desde el punto de vista dosimétrico. En dicho protocolo se establecerá, para cada tipo de exploración, el radiofármaco utilizado y la actividad administrada.

- FASE II:

Con periodicidad mensual (salvo casos especiales como sobredosificación, paciente embarazada o con hijos en edad de lactancia), se requerirán los siguientes datos:

- Número de pacientes por exploración protocolizada y grupo de edad.



Figura 1. Aspecto de la portada del programa DOMENU.

- Incidencias. Se entenderá por incidencia, toda situación no protocolizada, es decir, toda combinación de tipo de estudio, y/o radiofármaco, y/o actividad administrada, fuera del protocolo establecido.
- Evaluación de dosis efectiva e inclusión del resultado en la historia clínica del paciente (tal y como establece el artículo 8 del Real Decreto de control de calidad en medicina nuclear).
- FASE III:
 - Optimización de dosis.
 - Actualización del protocolo para disminuir en lo posible el número de incidencias.

- Evaluación de la dosis efectiva colectiva que origina cada tipo de exploración para estimar el riesgo radiológico por prueba diagnóstica de medicina nuclear en el área que cubre nuestro hospital.

DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN "DOMENU"

El programa DOMENU (siglas de DOSIS en Medicina NUClear) sirve para evaluar de forma rápida y sencilla las dosis recibidas por un paciente de medicina nuclear basándose en datos de ICRP-53 (1988) y del addendum posterior (1993) a dicha publicación. Consta de dos únicas pantallas, una de presentación y la de cálculo propiamente dicha. Se ha optado por hacer

todo el cálculo en una única pantalla en la que todas las opciones están a la vista, con el objetivo de no perder claridad y facilidad de manejo con menús ocultos.

Se introduce la actividad administrada al paciente (en mCi o MBq), se selecciona el radionucleido, el radiofármaco y el grupo de edad del paciente y automáticamente se representa gráficamente la dosis absorbida en los distintos órganos y tejidos considerados por ICRP. Al seleccionar otro grupo de edad, otro radiofármaco, otro radionucleido u otra actividad, la representación gráfica de la dosis absorbida por órgano se actualiza de forma inmediata.

También se presenta en pantalla el valor numérico del equivalente de dosis efectiva (datos de ICRP-53) y de la dosis efectiva (datos de addendum a ICRP-53). Este valor también se actualiza de forma automática cada vez que cambia alguna de las selecciones.

Salvo que se indique lo contrario, los datos se refieren a administración intravenosa en un paciente estándar. Otras características como administración oral, intratecal o por inhalación, administración de agente de bloqueo, diferente porcentaje de captación de tiroides, función renal anómala, etc, deben especificarse entre las posibilidades que da el programa.

Tanto color como tipo (barras 2D, barras 3D, líneas, puntos, logarítmica, etc) de la representación gráfica de los

datos pueden modificarse a gusto del usuario.

Si se desea disponer de los valores numéricos de dosis absorbida en cada órgano no hay más que pulsar el botón correspondiente.

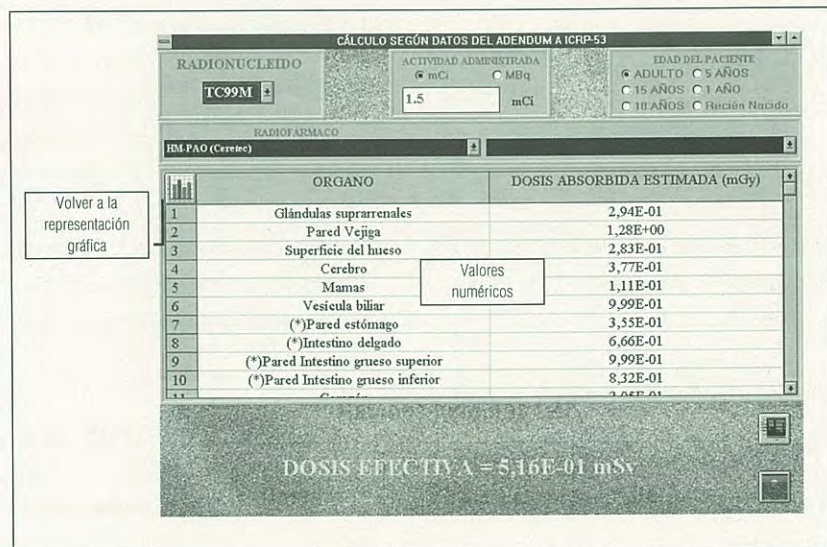
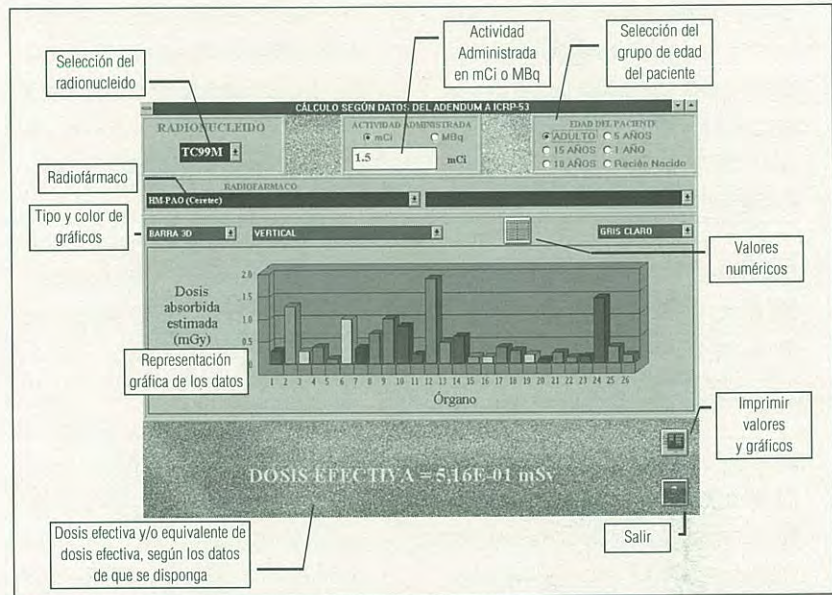
Por último, se permite la impresión de los resultados y de la representación gráfica de los mismos.

CONCLUSIONES

1. La modelización de un ente biológico, como es un paciente, mediante un modelo necesariamente simplificado, conlleva una serie de importantes incertidumbres en la estimación de dosis en los distintos órganos. Aunque debemos ser conscientes de ello, esto no nos debe impedir el afrontar el cálculo con los datos de que disponemos.

2. La aplicación informática desarrollada (programa DOMENU) es de fácil manejo y permite una visualización clara y rápida de las dosis absorbidas en los distintos órganos considerados, así como de los valores de dosis efectiva.

3. La puesta en marcha de un programa de garantía de calidad, dentro de su apartado de evaluación dosimétrica, nos permitirá, en primer lugar, estimar la dosis recibida por todos los pacientes de medicina nuclear de nuestro hospital y, en segundo lugar, establecer niveles propios de referencia y criterios para la optimización de dosis.



Figuras 2 y 3. Aspecto del formulario del cálculo y representación de dosis absorbida en los distintos órganos considerados y de dosis efectiva.

Los autores agradecerían cualquier comentario o sugerencia al programa. Enviar a la atención de Carlos Prieto Martín (E-mail: radioprot@hup.es).

BIBLIOGRAFÍA

1. Directiva 97/43/Euratom del Consejo de 30 de junio de 1997 relativa a la protec-



- ción de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, por la que se deroga la Directiva 4/466/Euratom. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 9 de julio de 1997.
2. Real Decreto 1841/1997, de 5 de diciembre por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear. B.O.E. nº 303, 19 diciembre 1997.
 3. Summary of the Current ICRP Principles for Protection of the Patient in Nuclear Medicine. A Report by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford. 1993
 4. ICRP Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, ICRP Publication 53. Annals of the ICRP 19 (1-4). Pergamon Press, Oxford.
 5. ICRP. Alkaline Earth Metabolism in Adult Man, ICRP Publication 20. Pergamon Press, Oxford. 1972
 6. ICRP. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part I, ICRP Publication 56. Annals of the ICRP 20 (2). Pergamon Press, Oxford.
 7. ICRP Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 2: Ingestion Dose Coefficients, ICRP Publication 67. Annals of the ICRP 23(3/4). Elsevier Science Ltd., Oxford.
 8. ICRP. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 66. Annals of the ICRP 24(1-4). Elsevier Science Ltd., Oxford.
 9. Roedler, H.D. Accuracy of internal dose calculations with special consideration of radiopharmaceutical biokinetics Third International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium (1980).
 10. Kaul, A., Hinz, G., Kossel, F., König, K., Krag, P., Nitschke, J., Roedler, H. D. y Schwarz, E. R The Effective per Caput Dose Equivalent as a Measure of Medical Radiation Exposure of the Population. A Complement or an Alternative to the Genetically Significant Dose?. ISH Report 52. Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg (Alemania) (1984).
 11. Microsoft Corporation Microsoft. Visual Basic. Programming System for Windows. Version 3.0. Programmer's Guide (1993).
 12. ICRP Addendum 1 to ICRP publication 53: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Annals of the ICRP 21(1-3) (1991). Pergamon Press, Oxford.
 13. ICRP Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21(1-3). Pergamon Press, Oxford.
 14. Drexler, G. (1992). The dosimetric quantities in the new ICRP recommendations. Radiation Protection Dosimetry. 43 (1), 93-98. Nuclear Technology Publishing, Ashford, UK.
 15. Brosed, A. Sobre la traducción al español de las magnitudes operacionales adoptada en la versión española de la publicación ICRP-60, editada por la SEPR. Radioprotección. Vol. IV Nº13, 54-57, (1996)
 16. Real Decreto 53/1992, de 24 de enero por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. B.O.E. nº 37, 12 de febrero de 1992.



ESTUDIOS SOBRE EL CICLO DEL PLUTONIO EN ECOSISTEMAS MARINOS

La distribución y los mecanismos de transporte y acumulación de los transuránidos (y otros radionúclidos) en el medio marino son función de su término fuente (origen), los ciclos biogeoquímicos, la advección y difusión con las masas de agua, los procesos de sedimentación y los procesos de transferencia en las cadenas tróficas. El presente trabajo, centrado en el comportamiento biogeoquímico del plutonio, ha contemplado los siguientes aspectos: la determinación de los estados físico-químicos del plutonio en agua de mar, el flujo vertical en la columna de agua, la incorporación a la cadena trófica marina (fitoplancton y zooplancton) y la distribución en perfiles sedimentarios. El estudio también ha incluido un ejercicio de modelización radioecológica sobre la acumulación y distribución de plutonio en los primeros niveles de la cadena trófica marina en el mar de Irlanda. En definitiva, se ha obtenido una imagen integrada del comportamiento del plutonio en el medio marino.

The distribution, transport and accumulation mechanisms of transuranics (and other radionuclides) in the marine environment depend on the source term, biogeochemical cycles, transport with the water masses, sedimentation processes and transfer mechanisms in the trophic chain. The biogeochemical behaviour of plutonium, which has been the focus of our work, was studied using the following approaches: determination of the physico-chemical speciation of plutonium in marine waters, vertical flux in the water column, uptake by marine organisms (phytoplankton and zooplankton) and distribution in sediment cores. A preliminary model of the accumulation and distribution of plutonium in the first levels of the marine food chain in the Irish Sea has also been formulated. All this information allowed us to obtain an integrated view of the behaviour of plutonium in the marine environment.

Juan Merino Pareja,
Joan Albert
Sánchez Cabeza,
Jaume Molero
Savall,
Pere Masqué Barri
Departament de Física
Universitat Autònoma de
Barcelona



INTRODUCCIÓN

Cualquier elemento contaminante que penetra en el medio ambiente se incorpora a los ciclos biogeoquímicos naturales, los cuales se definen como movimientos cíclicos de los elementos químicos, que siguen determinados caminos (atmósfera, hidrosfera, litosfera) por los que llegan desde el medio a los organismos y de éstos al medio. El objetivo del presente estudio es ofrecer una imagen lo más completa posible del ciclo del plutonio en ecosistemas acuáticos.

La mayor parte del plutonio vertido al medio ambiente a escala global es debida a la detonación de armas nucleares en la atmósfera. Éste es el origen del plutonio que se encuentra actualmente en el mar Mediterráneo, el principal ecosistema tratado en este estudio. El mar Mediterráneo ha sido reconocido por la comunidad científica internacional como un océano a pequeña escala (1), donde los procesos físicos y biogeoquímicos que controlan la distribución de los radionúclidos no son esencialmente diferentes a los de los océanos. En cambio, las escalas temporales y espaciales son más reducidas, lo que facilita su estudio.

Por otra parte, ciertas zonas del planeta se han visto afectadas por una contaminación más localizada. En el mar Mediterráneo encontramos el caso de Palomares, donde cayeron accidentalmente cuatro bombas termonucleares provocando una contaminación terrestre con transuránidos y una cierta transferencia posterior al mar con acumulación

en la plataforma continental del Golfo de Vera (2). Es así como dicho ecosistema ofrece la oportunidad de estudiar el papel que juegan los sedimentos marinos en la movilidad del plutonio en el medio ambiente.

No obstante, las concentraciones de plutonio que encontramos en el mar Mediterráneo, incluso en Palomares, son extremadamente bajas. Por ese motivo se ha realizado un estudio más detallado de la acumulación de plutonio en los primeros niveles de la cadena trófica marina en el mar de Irlanda, conocido como uno de los mares del mundo más contaminado desde el punto de vista radiactivo. Ello es debido a los vertidos controlados de la fábrica de regeneración del combustible nuclear de Sellafield, que han sido aprovechados por la comunidad científica internacional para estudiar con mayor facilidad el comportamiento ambiental del plutonio y muchos otros radionúclidos.

A continuación se resume el trabajo llevado a cabo en este campo por el Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona y que ha dado origen a una Tesis Doctoral publicada recientemente (3).

METODOLOGÍA

En casi todos los estudios ambientales es necesaria la recogida y análisis de muestras representativas del área de estudio. Debido a la naturaleza del presente estudio, el tipo de muestras ha sido

muy variado: agua y materia en suspensión, testigos sedimentarios, materia en sedimentación (recogida mediante trampas de sedimento) y plancton. Mención especial merecen las técnicas de determinación de los estados de oxidación y la fracción coloidal del plutonio en solución. Las muestras, tras su recogida, se someten a procesos de preconcentración y purificación radioquímica mediante resinas de intercambio iónico para, mediante un proceso electrolítico, obtener una fuente emisora alfa muy delgada. Dicha fuente se introduce en un sistema de espectrometría alfa de alta resolución y bajo fondo durante largos periodos de tiempo para su recuento. También se ha utilizado en algunos casos para la medida de ^{241}Pu por centelleo líquido de bajo fondo. En algunos materiales se ha determinado la concentración de ^{137}Cs mediante espectrometría gamma.

El programa de control de la calidad ha incluido, entre otros aspectos, la participación en ejercicios de intercomparación organizados por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), con resultados satisfactorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Distribución y flujo vertical en la columna de agua

La distribución vertical de plutonio y radiocesio en el mar Catalano-Balear se estudió analizando un perfil vertical de

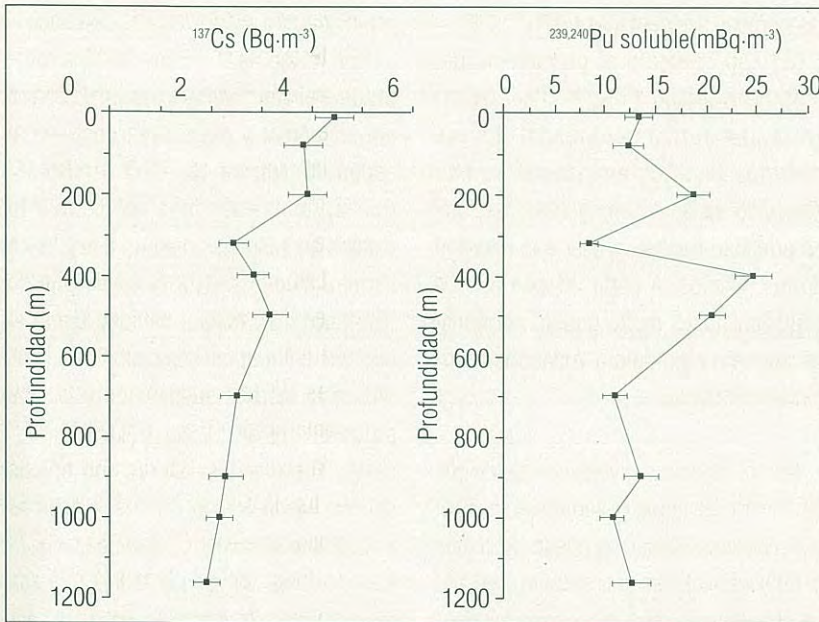


Figura 1. Distribución vertical de ^{137}Cs y $^{239,240}\text{Pu}$ en aguas del mar Catalano-Balear ($41^{\circ}00.21' \text{N}$, $1^{\circ}56,2' \text{E}$; 1165 m de profundidad), 10-8-93.

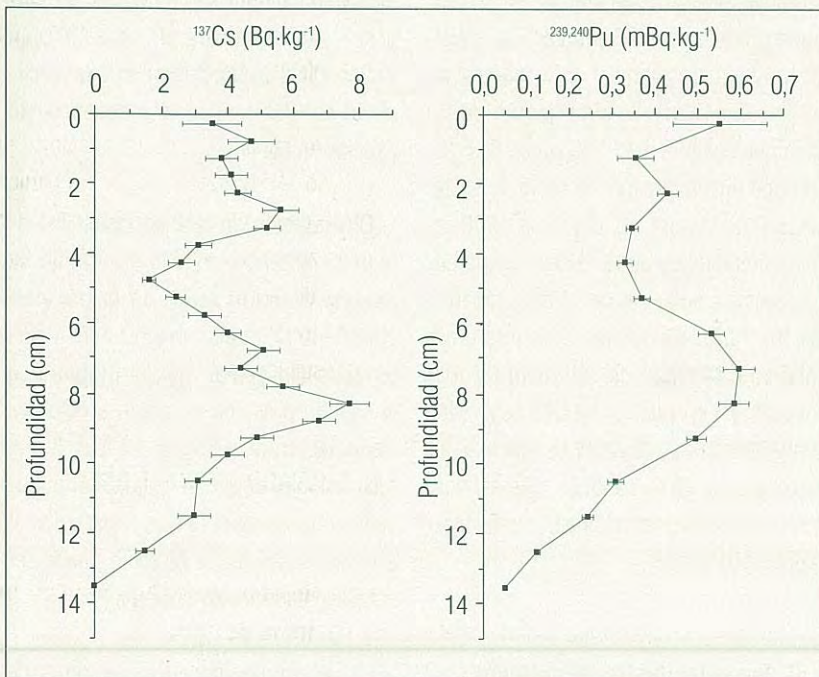


Figura 2. Distribución en profundidad de ^{137}Cs y $^{239,240}\text{Pu}$ en un testigo sedimentario del cañón de Foix (Mar Catalán, $40^{\circ}59.2' \text{N}$ $1^{\circ}57.6' \text{E}$, 1373 m de profundidad, 26-6-94) (7).

agua en el cañón de Foix (Figura 1). De los resultados obtenidos en este trabajo y de los datos recopilados de la literatura (4), se puede decir que el cesio permanece esencialmente solubilizado en la columna de agua, y no sólo no ha disminuido su inventario en los últimos años sino que ha aumentado debido al accidente de Chernóbil. La eliminación del cesio de la cuenca mediterránea viene dominada por procesos físicos, principalmente por su desintegración radiactiva y por el intercambio de masa de agua mediterránea y atlántica a través del estrecho de Gibraltar.

Por lo que respecta al plutonio cabe decir que su distribución vertical viene marcada por la existencia de un máximo en aguas intermedias. La posición del máximo no ha cambiado sustancialmente en los últimos años, situándose a 250-400 m de profundidad, pero su concentración ha disminuido desde finales de la década de los setenta, lo que indica que en estos años el plutonio ha ido desapareciendo de la columna de agua, sin que se haya producido ningún aporte significativo al sistema. El máximo subsuperficial está relacionado con el transporte vertical del plutonio asociado a la materia y los desechos orgánicos que se remineralizan debajo de la capa fótica donde la actividad biológica es mucho menor. A pesar de que el plutonio es un elemento altamente insoluble, la eliminación del mismo de la columna de agua es un proceso lento.

A partir de las series temporales de muestras de sedimento de trampa se han



calculado los flujos anuales medios de plutonio en el mar Catalano-Balear. A 710 m de profundidad el flujo anual de $^{239,240}\text{Pu}$ fue de $706 \pm 21 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, mientras que a 1180 m fue de $1085 \pm 22 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, evidenciando un mayor transporte en profundidad. Los análisis de regresión indicaron que el flujo de masa total fue el principal factor que controló el flujo de transuránidos, aunque hubo mayor variabilidad en la trampa profunda debido a procesos de transporte lateral (5). A modo de comparación, los flujos en el cañón de Lacaze-Duthiers, en el golfo de León, fueron más del doble (6). Las variaciones en el flujo de plutonio dependen en gran medida del ritmo de sedimentación.

Los análisis radiométricos de un testigo sedimentario del fondo del cañón de Foix, en el mar Catalano-Balear (7), mostraron el máximo de ^{137}Cs atribuible al accidente de Chernóbil en 1986 y los máximos de ^{137}Cs y $^{239,240}\text{Pu}$ debidos al depósito máximo atmosférico que tuvo lugar en 1963 (Figura 2). Esta información ha permitido confirmar la datación radiométrica mediante ^{210}Pb (7).

En la zona de Palomares se recogieron varios testigos sedimentarios con el objetivo de aportar más datos al estudio de la transferencia de transuránidos provenientes del accidente ocurrido en 1966, y que ha resultado en la acumulación de los mismos en la plataforma continental adyacente, al sur del río Almanzora. A partir del cociente isotópico $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ se ha podido confirmar la contribución del plutonio procedente de

las bombas accidentadas ($^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu} \sim 0.02$) con respecto al precedente del poso generalizado ($^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu} \sim 0.034$) en la plataforma continental. En los diversos testigos analizados se han detectado varias inhomogeneidades, que en principio pueden ayudar a la datación de los mismos. A partir de este tipo de consideraciones se ha podido confirmar un aporte de plutonio a zonas más profundas del talud.

Comparando los inventarios obtenidos de $^{239,240}\text{Pu}$ en agua y sedimentos en el mar Catalano-Balear se puede decir que el 69 % del total se encuentra acumulado en el lecho sedimentario. Esta cifra contrasta con el 16 % para el ^{137}Cs , un elemento esencialmente soluble. La evolución temporal del inventario de $^{239,240}\text{Pu}$ en agua permite estimar una pérdida anual de $1.97 \pm 0.14 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, o lo que es lo mismo, una tasa de eliminación de la columna de agua del 11 % anual. Esto se traduce en un tiempo de residencia de unos 9 años para los primeros 1200 m de la columna de agua. Dicho tiempo de residencia resultó ser de 12 años a partir de los flujos verticales determinados mediante trampas de sedimento y los inventarios en agua. Dicha cifra está relacionada con la actividad del cañón de Foix, ya que otros cañones más activos arrojaron tiempos de residencia sensiblemente menores (8).

2. Especiación físico-química

La especiación físico-química del plutonio en aguas superficiales ha sido

estudiada con cierto detalle. La concentración media de $^{239,240}\text{Pu}$ en la zona estudiada del mar Mediterráneo (cuenca noroccidental y plataforma continental española) fue de $12.7 \pm 1.0 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ($n=10$), encontrándose asociado a la materia en suspensión en un $8 \pm 2 \%$ en término medio ($n=10$). El coeficiente de distribución K_d medio, definido como el cociente entre la concentración de plutonio en la materia suspensión y la fase soluble, fue de $(1.7 \pm 0.4)\cdot 10^5 \text{ l}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($n=9$). Todos estos valores son típicos del mar Mediterráneo (9), y son debidos al depósito atmosférico generalizado. El $K_d \sim 10^5 \text{ l}\cdot\text{kg}^{-1}$ observado refleja una alta insolubilidad. A modo de comparación, se ha descrito $K_d \sim 10^3 \text{ l}\cdot\text{kg}^{-1}$ para el ^{137}Cs (10), un elemento que se encuentra esencialmente solubilizado en aguas marinas y $K_d \sim 10^6 \text{ l}\cdot\text{kg}^{-1}$ para el ^{241}Am (10), un radionúclido conocido por su alta reactividad con las partículas y consecuente asociación con ellas.

Otro aspecto de la especiación físico-química que ha merecido su estudio ha sido la determinación de la fracción coloidal del plutonio en aguas del Mediterráneo occidental. Así, el plutonio se encuentra presente asociado a coloides naturales entre el 0 y el $17 \pm 8 \%$ del total soluble, rango comparable al publicado en la literatura (11). La fase coloidal a la que se asocia el plutonio puede ser estable en ambientes diversos.

La determinación de los estados de oxidación del plutonio en solución se ha llevado a cabo a partir del método de Lovett y Nelson (12) adaptado a muestras

de gran volumen (200 l). Aunque el número de muestras analizadas ha sido limitado, podemos concluir que el plutonio se encuentra mayoritariamente oxidado (~ 70 %) en aguas superficiales del Mediterráneo, pero que en una proporción no despreciable (~ 30 %) se encuentra reducido. Como las especies reducidas presentan una mayor afinidad por las partículas en suspensión, su K_d será mayor, y por tanto el coeficiente de distribución total viene dado como la suma ponderada de las dos especies. Así, un 30 % de plutonio en estado reducido corresponde un K_d total de $\sim 3 \cdot 10^5$ l·kg⁻¹ (Figura 3), en acuerdo con el valor calculado previamente.

La existencia de especies reducidas en solución en el rango de E_h-pH de aguas marinas no puede ser explicada mediante modelos termodinámicos sencillos. Tenemos que suponer, pues, que dichas formas reducidas se encuentran asociadas con los coloides en suspensión o bien a iones complejos disueltos, que debido a su tamaño forman parte de la fase soluble.

3. Incorporación a la cadena trófica

Otro aspecto a tener en cuenta es la influencia de la actividad biológica en los niveles y en la especiación físico-química del plutonio. El fitoplancton puede considerarse parte de la materia en suspensión, y el zooplancton, así como los organismos superiores, ingieren o absorben plutonio que es expulsado en una

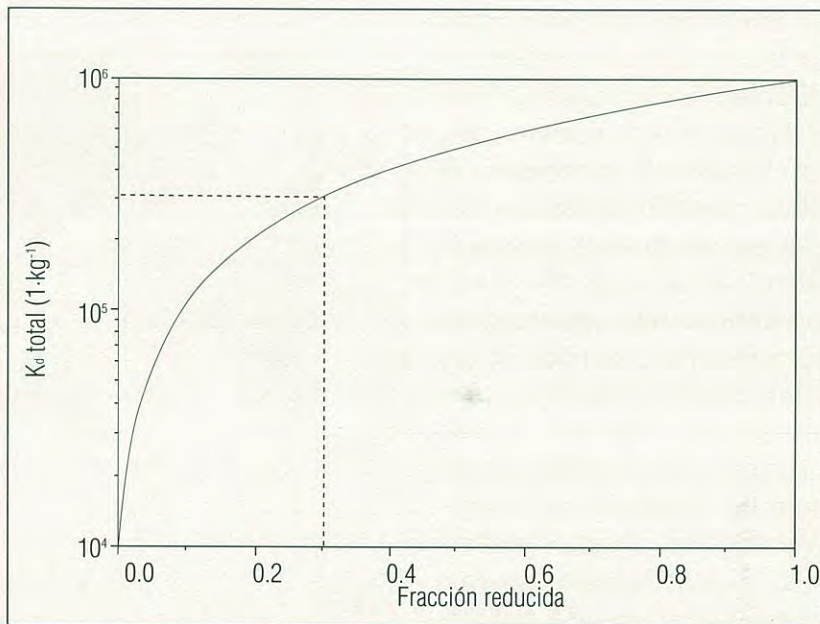


Figura 3. Influencia de la fracción reducida en el K_d total.

forma que puede ser diferente a la original. Es imprescindible, pues, un estudio de la acumulación del plutonio en la cadena trófica marina. La transferencia de radionúclidos a través de los primeros niveles de la cadena trófica marina ha sido estudiada mediante experimentos de campo llevados a cabo en el mar Mediterráneo y en el mar de Irlanda.

3.1 Mar Mediterráneo

En el mar Mediterráneo se ha encontrado que aproximadamente el 50 % del plutonio particulado se encuentra asociado al fitoplancton. Dicho porcentaje se mantiene en una muestra recogida en Garrucha, cerca del fondo en la zona de Palomares, en la que la concentración de plutonio tanto en fitoplancton como en la

materia particulada fina (0.2 - 8 μ m) fue superior a la media en más de un orden de magnitud. Por el contrario, las actividades de americio resultaron ser mucho más homogéneas en toda la cuenca. Esto quizá sea debido a un cambio en la especiación del plutonio en el sedimento que lo resolubiliza, teniendo así una vía indirecta de transferencia del sedimento al fitoplancton. Los factores de concentración para el Pu y el Am son del orden de 10^4 y 10^5 l·kg⁻¹ respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por el OIEA (12), excepto el correspondiente a la muestra de Garrucha debido a la singularidad de la muestra. Por otra parte, las concentraciones de transuránidos en zooplancton procedente de la plataforma continental (profundidad del fondo < 200 m) son mayores que las correspondientes a muestras situadas en



mar abierto. Este hecho podría indicar que la proximidad del sedimento del fondo puede dar lugar a una transferencia de radionúclidos a los organismos marinos. Los factores de concentración, calculados respecto a la actividad en peso seco, variaron dentro de un rango de $(4.8-163) \cdot 10^3 \text{ l} \cdot \text{kg}^{-1}$ y $(28-752) \cdot 10^3 \text{ l} \cdot \text{kg}^{-1}$ para $^{239,240}\text{Pu}$ y ^{241}Am respectivamente. Dichos valores son comparables con los recomendados por el OIEA (12).

A partir de estos resultados es posible sugerir que el fitoplancton puede acumular plutonio del sedimento mediante adsorción pasiva de material coloidal o soluble sobre la superficie de dichos organismos. El zooplancton puede consumir los productores primarios y asimilar, por ingestión activa, el plutonio adsorbido en el fitoplancton. Tampoco hay que olvidar que el zooplancton puede absorber elementos directamente del agua. Parece ser que en zonas de aguas someras el sedimento puede constituir una fuente de plutonio para el fitoplancton. El mecanismo por el cual se produce esta transferencia no está claro, pero se puede formular la siguiente hipótesis: la removilización del plutonio se debería a un cambio en el estado de oxidación del plutonio acumulado en el sedimento y su consiguiente acumulación en el fitoplancton. Dicho cambio vendría mediado por la existencia de una capa de material orgánico en el sedimento superficial capaz de formar complejos. No ocurre lo mismo con el americio, cuya especiación en el medio marino no permite dicha posibilidad. Es así como se explicarían los resultados obtenidos en la muestra

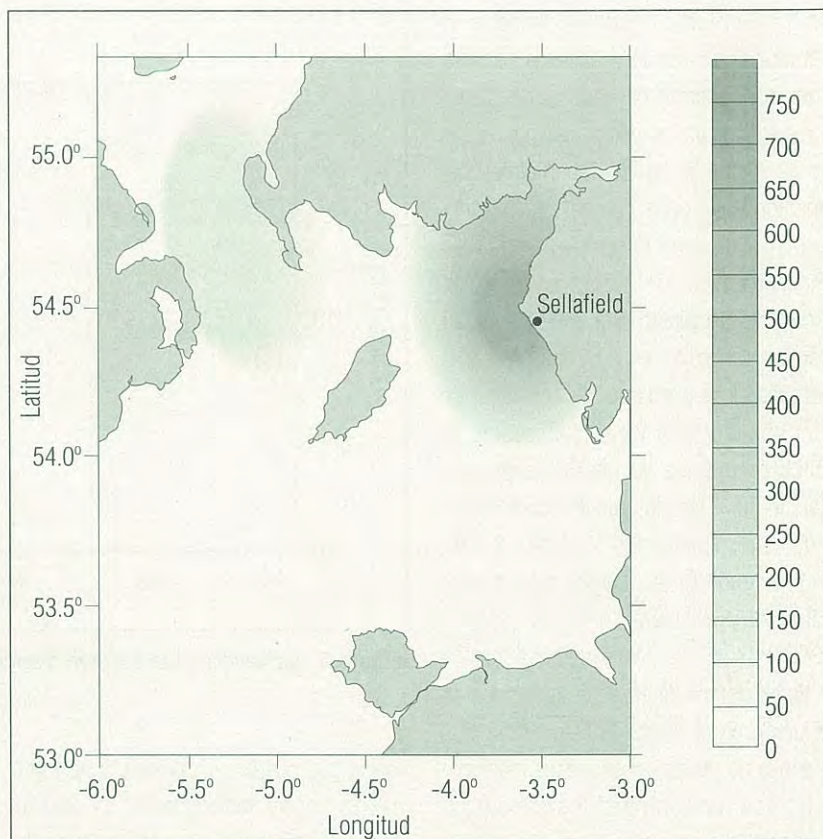


Figura 4. Mapa de contornos de $^{239,240}\text{Pu}$ ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$) en fitoplancton del mar de Irlanda, junio de 1994.

de Garrucha. Por otra parte, en la zona de Palomares se encuentra un sistema de cañones submarinos cuya actividad podría dar lugar a la removilización de plutonio y americio, por corrientes de fondo o corrientes, que consecuentemente podrían estar disponibles para ser adsorbidos sobre el material biológico.

3.2 Mar de Irlanda

El estudio llevado a cabo en el mar de Irlanda ha aportado información adicional sobre los procesos mencionados anterior-

mente. Los puntos de muestreo cubrieron un área relativamente grande (el Norte y Este del mar de Irlanda), con un foco emisor en el Este, Sellafield, por lo que cabe esperar una gran dispersión en los datos obtenidos sobre las concentraciones en plancton de los diferentes radionúclidos artificiales estudiados. En general, las concentraciones de ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu y ^{241}Am en ambos grupos planctónicos siguen la misma distribución geográfica (Figura 4 y Figura 5). De los resultados obtenidos podemos inferir que existe un comportamiento diferenciado entre el fitoplancton y el zooplancton para los tres

radioelementos analizados. Mientras que las concentraciones en zooplancton se distribuyen al Norte y al Sur de Sellafield, siguiendo la distribución en agua (según datos obtenidos en la misma campaña) las actividades en fitoplancton aparecen concentradas en una franja cercana a Sellafield en forma de pluma. En este punto es interesante remarcar que la mayor parte de los transuránidos emitidos por Sellafield se encuentran ahora depositados en el fondo sedimentario, siendo la zona de mayor acumulación una franja litoral, mayormente constituida por fangos, de 30 km de ancho desde la bahía de Kirkcudbright en el norte hasta el estuario del Ribble en el sur (13). Hasta qué punto estos dos hechos están relacionados es una cuestión del mayor interés que requiere de más información para ser dilucidada.

En cuanto a los factores de concentración ($l\text{-kg}^{-1}$ peso seco) podemos establecer la siguiente secuencia de afinidad para los tres radionúclidos estudiados, válida tanto para fitoplancton como zooplancton en el mar de Irlanda:

$$^{241}\text{Am} \text{ (CF} \sim 10^6) > ^{238}\text{Pu}, ^{239,240}\text{Pu} \text{ (CF} \sim 10^5) > ^{137}\text{Cs} \text{ (CF} \sim 10^3)$$

Cabe destacar que los factores de concentración de Pu y Am para fitoplancton y zooplancton obtenidos en el presente estudio han sido similares, mientras que los valores recomendados por el OIEA difieren en dos órdenes de magnitud, siendo superiores en fitoplancton. No se confirma, pues, la gran discriminación biológica previsible según dichos valores.

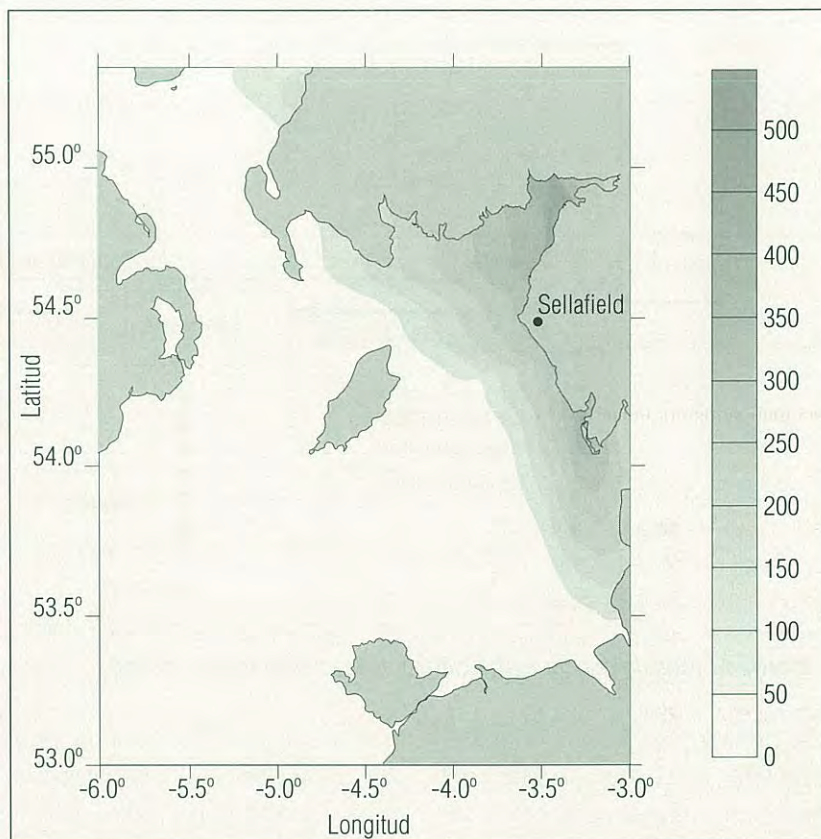


Figura 5. Mapa de contornos de $^{239,240}\text{Pu}$ ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) en zooplancton del mar de Irlanda, junio de 1994

4. Modelización del ciclo del plutonio

A partir de la experiencia acumulada, se ha iniciado la elaboración de un modelo radioecológico sobre la acumulación y distribución de plutonio (y, por extensión, otros radionúclidos) en los primeros niveles de la cadena trófica marina cuyo último consumidor es el ser humano. Debido a las limitaciones que imponen la información disponible y la complejidad del sistema, el modelo se ha centrado en el ecosistema marino del mar de Irlanda. El objetivo ha sido construir un modelo diagnóstico, es decir, orientado a

los procesos de transferencia del plutonio en aguas someras, por lo que se ha adoptado una descripción muy aproximada del marco físico donde tienen lugar.

El tipo de formulación que se ha propuesto se basa en los modelos compartimentales. Los parámetros de transferencia k_i , así como sus dependencias funcionales respecto a otros parámetros, han sido deducidos del conocimiento de los procesos fundamentales que gobiernan la transferencia de materia y de los valores experimentales publicados sobre los mismos. La calibración y validación del modelo se ha llevado a

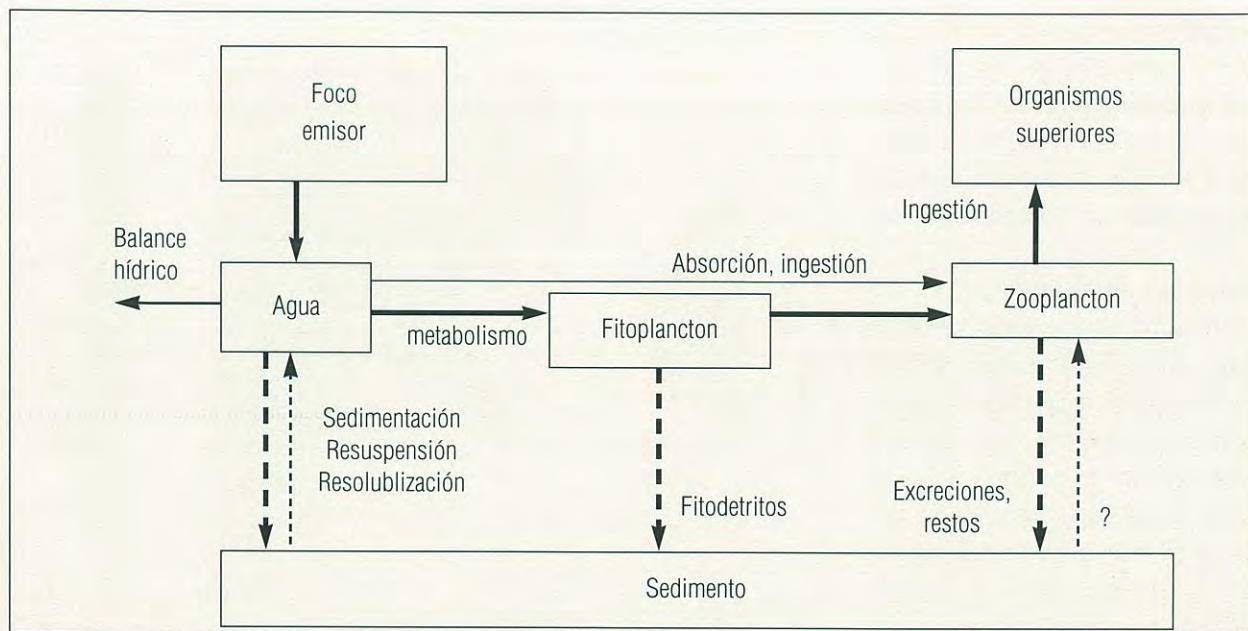


Figura 6. Modelo conceptual genérico de la cadena trófica marina.

cabo siguiendo los criterios recomendados por el OIEA (14). El análisis de sensibilidad reveló que los parámetros más críticos son el tiempo de inmovilización del plutonio en los sedimentos y la tasa de sedimentación.

Una vez establecido el modelo, cuyo esquema conceptual se presenta en la Figura 6, se han desarrollado algunas aplicaciones del mismo. Una de las consecuencias principales derivadas del modelo es que la mayor parte del plutonio es reciclado entre la columna de agua y los sedimentos mediante procesos de sedimentación y resuspensión, cuyos flujos representan más del 80 % del total.

CONCLUSIONES

La distribución vertical de plutonio en aguas del mar Catalán mostró un

máximo subsuperficial a 400 m, pero con una concentración sensiblemente menor a la descrita en estudios anteriores. Comparando inventarios se ha estimado la tasa de eliminación del plutonio de la columna de agua, y se han medido los flujos reales a partir de las muestras de sedimento de trampa. Asimismo se ha determinado la distribución e inventarios de plutonio en diversos testigos sedimentarios del mar Catalán y de la zona de Palomares. Comparando todos estos datos se ha podido establecer un tiempo de residencia del plutonio en la columna de agua de unos 12 años.

Se ha estudiado con cierto detalle la especiación físico-química del plutonio en aguas superficiales del mar Mediterráneo. Se ha determinado un coeficiente de distribución medio de $1.7 \cdot 10^5 \text{ l} \cdot \text{kg}^{-1}$. Por

otra parte, el plutonio se encuentra presente asociado a coloides naturales entre el 0 y el 17 %. La existencia de un 30 % del plutonio soluble como especies reducidas hay que entenderla como asociada a coloides o a iones orgánicos complejos.

Se han determinado los factores de concentración encontrando que no existe discriminación biológica. También se ha investigado el papel que juega el sedimento en la transferencia de plutonio a los organismos marinos.

Se ha iniciado la elaboración de un modelo radioecológico sobre la acumulación y distribución de plutonio, y, por extensión, otros radionúclidos, en los primeros niveles de la cadena trófica marina cuyo último consumidor es el ser humano. De este modo se ha establecido

la metodología a seguir para el desarrollo posterior de modelos basados en suposiciones menos restrictivas.

AGRADECIMIENTOS

Señalamos nuestro agradecimiento a los diferentes organismos (ENRESA, Comisión Europea, DGICYT, CICYT y CIRIT) que han financiado diversos aspectos de la investigación llevada a cabo. También queremos agradecer al ENEA, Italia, su invitación a participar en la campaña MED'92 en el mar Mediterráneo y al CEFAS, Reino Unido, su invitación a participar en la campaña CIR 6/94 en el mar de Irlanda.

REFERENCIAS

- Margalef R. (1985). Introduction to the Mediterranean. En *Western Mediterranean*. Ed. R. Margalef. Pergamon Press, Oxford, 1-16.
- Gascó C., Iranzo E. y Romero L. (1992). Transuranic Transfer in a Spanish Marine Ecosystem, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Articles 156, 151-163.
- Merino J. (1997). Estudios sobre el ciclo del plutonio en ecosistemas acuáticos. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, 355 pp.
- Merino J., Sanchez-Cabeza J.A., Bruach J.M., Masqué P. y Pujol Ll. (1996). Artificial radionuclides in a high resolution water column profile from the Catalan Sea (the Northwestern Mediterranean). En: *Radionuclides in the oceans (RADOc 96-97)*, part 1. Cherbourg-Octeville 7-11 Octubre 1996. Eds. P. Germain, J. C. Guary, P. Guéguéniat y H. Métivier. Radioprotection - colloques 32, C2, 85-90.
- Sanchez-Cabeza J.A., Molero J., Merino J., Pujol Ll. and Mitchell P.I. (1995). ¹³⁷Cs as a tracer of the Catalan current. *Oceanologica Acta* 18, 221-226.
- IAEA (1994). Report of recent activities. IAEA Marine Environment Laboratory, Monaco, 108 pp.
- Sanchez-Cabeza J.A., Masqué P., Ani-Ragolta I., Merino J., Frignani M., Palanques A. y Puig P. (1997). ²¹⁰Pb derived sedimentation rates in the Barcelona continental shelf En: *Conference progress in oceanography of the Mediterranean sea*. Roma, Italia, 17-19 de noviembre de 1997.
- Fowler S.W., Ballestra S. y Villeneuve J.-P. (1990). Flux of transuranium nuclides and chlorinated hydrocarbons in the Northwestern Mediterranean. *Continental Shelf Research* 10, 1005-1023.
- Molero J., Sanchez-Cabeza J.A., Merino J., Vives-Batlle J., Mitchell P.I. y Vidal-Quadras A. (1995b). Particulate Distribution of Plutonium and Americium in Surface Waters from the Spanish Mediterranean Coast. *Journal of Environmental Radioactivity* 28, 271-283.
- IAEA (1985). Sediments Kd's and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment, Technical Reports Series n° 247. IAEA, Viena, 73 pp.
- Mitchell P.I., Vives i Batlle J., Downes A.B., Condren O.M., León Vintró L. y Sanchez-Cabeza J.A. (1995). Recent observations on the physico-chemical speciation of plutonium in the Irish Sea and the Western Mediterranean. *Applied Radiation and Isotopes* 46, 1175-1190.
- Lovett M.B. y Nelson D.M. (1981). Determination of Some Oxidation States of Plutonium in Sea Water and Associated Particulate Matter. En *Techniques for Identifying Transuranic Speciation in Aquatic Environments*. IAEA STI/PUB/613. IAEA, Viena, 27-35.
- Pentreath R.J., Woodhead D.S., Kershaw P.J., Jefferies D.F. y Lovett M.B. (1986). The Behaviour of Plutonium and Americium in the Irish Sea. *Rap. Réunion. Cons. Int. Explor. Mer.* 186, 60-69.
- IAEA (1989). Evaluating the reliability of predictions made using environmental transfer models. *Safety Series* n° 100. IAEA, Viena, 106 pp.



RESPUESTA ADAPTATIVA EN CÉLULAS. EL PAPEL QUE PUEDE DESEMPEÑAR EN LOS ORGANISMOS VIVOS

Este artículo, cuyo autor es el señor H. Smith, tiene como título original "Cellular adaptive responses: its significance in living organisms"; y fue originalmente incluido en un libro de resúmenes titulado "Health Effects of Low Dose Radiation - Challenges for the 21st Century", de una conferencia que tuvo lugar del 11 al 14 de mayo de 1997. Fue publicado por la editorial "Thomas Telford Ltd, 1 Heron Quay, London E14 4JD, Reino Unido" en Londres en 1997 para la Sociedad Británica de Energía Nuclear.

RADIOPROTECCIÓN lo ha traducido de la revista "Nuclear Energy" de Abril de 1998, Volumen 37, No. 2, de la Sociedad Británica de Energía Nuclear, con el mismo título del original y ha obtenido los correspondientes permisos de los editores de Nuclear Energy para su traducción e inclusión en la revista de la S.E.P.R.

El artículo ha sido traducido al castellano por Eduardo Sollet y ha sido revisado en su terminología específica por Almudena Real del CIEMAT.

Anexo a este artículo, existe una lista muy amplia de referencias para poder acceder a la información original y realizar una interpretación personal de los datos. No se ha incluido dada su extensión, pero está disponible para los lectores interesados.

H. Smith
Abingdon, Oxfordshire,
Inglaterra

L

a exposición de células vivas a la radiación ionizante puede producir mutaciones en el DNA que generalmente son dañinas para el organismo. En este artículo se discute la respuesta adaptativa celular que puede observarse cuando células que ya han sido expuestas a dosis bajas de radiación se exponen a continuación a altas dosis. Se discute también la evidencia de la respuesta adaptativa en animales de laboratorio y la observada en un número limitado de estudios epidemiológicos.

Exposure of living cells to ionizing radiation may cause DNA damage that are generally harmful to the organism. This paper discuss the cellular adaptive response which may be seen when cells which have already been exposed to low concentration radiation doses are subsequently exposed to high concentration doses. It also discusses evidence of the adaptive response in laboratory animals and from limited epidemiological studies.

INTRODUCCIÓN

Desde hace años la comunidad científica conoce la evidencia de que la exposición de células a la radiación ionizante puede dar lugar a mutaciones en el DNA que generalmente son perjudiciales para el organismo. La estabilidad genética en las células somáticas es por tanto de principal importancia para asegurar la homeostasis, y se requiere un mecanismo extremadamente preciso para reparar las lesiones en el DNA, con objeto de eliminar tantas mutaciones como sea posible cuando éstas se producen.

Se conoce también que la severidad de los efectos dañinos causados en las células por la exposición a altas concentraciones de un agente mutagénico, se puede mitigar si las mismas células han sido antes expuestas a una baja concentración del mismo mutágeno; por ejemplo, la administración de una concentración baja de un agente alquilante antes de recibir una dosis posterior alta, da lugar a daños celulares menores de los esperados. El término *hormesis de la radiación* ha sido empleado para describir de forma global la *respuesta adaptati-*

va observada cuando la radiación ionizante es el agente mutagénico al que están expuestas las células.

El propósito de esta breve revisión es expresar un punto de vista sobre la importancia de la hormesis de la radiación en los organismos vivos.

EVIDENCIA DE UNA RESPUESTA ADAPTATIVA EN CÉLULAS DE MAMIFEROS

Una importante observación en apoyo de la hormesis de radiación la proporciona el hecho de que la exposición aguda in vitro a altas dosis de radiación de baja

transferencia lineal de energía (LET) (entre 0,4 y 4 Gy) - denominada *dosis desafiante* (challenge dose) - de linfocitos humanos estimulados con mitógenos, parece producir un menor daño cromosómico o cromatídico del que sería de esperar, si antes los mismos linfocitos han sido expuestos a una dosis baja (entre 0,005 y 0,2 Gy) - llamada *dosis acondicionante o de acondicionamiento*. Esta respuesta ha sido medida como una reducción hasta de la mitad, del número esperado de aberraciones cromosómicas (Tabla I) y de intercambios de cromátidas hermanas y micronúcleos; y una menor frecuencia en el número esperado de mutaciones en el *locus hprt*. Recientemente se ha propuesto que en los *loci*

TABLA I Frecuencia de deleciones cromátidas en linfocitos humanos acondicionados con rayos X	
Tratamiento	Deleciones por cada 200 células
Control	4
0,005 Gy a las 34 h	4
0,15 Gy a las 48 h	81
0,005 Gy a las 34 h + 0,15 Gy a las 48 h	45



dañados tiene lugar una reducción preferencial de las mutaciones de tipo delección más que de mutaciones puntuales. También se ha descrito la respuesta adaptativa cruzada entre la radiación ionizante y ciertos agentes químicos radiomiméticos, agentes alquilantes y el peróxido de hidrógeno.

La respuesta adaptativa en linfocitos se atribuye a un mecanismo de reparación de roturas del DNA, que inducido por la dosis acondicionante, sigue estando operativo cuando se aplica la dosis desafiante.

La respuesta a la dosis de acondicionamiento no es instantánea y tarda de 4 a 6 horas en alcanzar su máxima eficacia, aunque permanece efectiva durante varios ciclos celulares. La respuesta se puede prevenir si durante ese periodo se inhibe la síntesis de proteínas. Por ejemplo, la 3-aminobenzamida, un inhibidor de la poli (ADP-ribosa) polimerasa implicada en la unión de cadenas rotas del DNA, impide la respuesta. Se ha descrito también una respuesta diferente entre individuos, que puede estar relacionada con diferencias en la constitución genética de las personas, o con una composición diferente del medio de cultivo y de las condiciones de incubación de las células.

Se ha descrito una respuesta adaptativa *in vivo* en linfocitos de trabajadores con exposición crónica y en niños ucranianos expuestos a la lluvia radiactiva del accidente de Chernobyl. Un estudio más reciente en linfocitos de trabajado-

res expuestos a radiaciones X y gamma con dosis medias de varios mSv/año durante varios años, también ha mostrado una reducción en la frecuencia de aberraciones cromosómicas tras una dosis desafiante *in vitro* de 2 Gy. Esto podría implicar que la dosis acondicionante fraccionada habría podido dotar a los precursores de linfocitos irradiados con un mecanismo de reparación que sigue estando disponible, posiblemente varios ciclos celulares más tarde, cuando las células son irradiadas otra vez. Se debe investigar esta importante posibilidad.

Se ha observado respuesta adaptativa *in vitro* en linfocitos de otras especies y tras exposiciones *in vivo* de cuerpo entero de conejos y roedores a una dosis acondicionante baja de radiación de baja LET seguida por una dosis desafiante alta *in vitro* pocas horas después. La respuesta es específica para algunas cepas, siendo algunas otras cepas refractarias o resistentes.

También se ha observado *in vitro* una reducción en la frecuencia de mutaciones en linfoblastos humanos proliferativos; en células SR-1 de cáncer de mama en ratones; en linfocitos esplénicos de ratón (pero no en linfocitos esplénicos de la cepa Heleinberger); en células de médula ósea de ratones; en células madre de esperma en ratones, y en fibroblastos proliferativos humanos y de hamster; y en fibroblastos de embriones de ratón utilizados para evaluar la transformación neoplásica de las células. Estas células parecen tener una respuesta adaptativa

particularmente acentuada, mostrando una reducción acusada en la frecuencia de transformación.

Se han propuesto mecanismos moleculares para explicar la respuesta adaptativa, pero ninguno de ellos es definitivo.

Las células de los mamíferos poseen un elaborado sistema de control del ciclo celular, con un punto de control principal en la fase G1 del ciclo. Normalmente rechazan la proliferación a no ser que reciban instrucciones específicas para hacerlo. Si se ven privadas de esas señales que implican factores de crecimiento protéicos, revierten a la fase G0, fase de no crecimiento. Estos factores de crecimiento regulan la proliferación celular a través de una compleja red de señales en cascada, que en último término regula la transcripción de los genes y la unión y activación del sistema de control del ciclo celular. Todavía no se conoce el mecanismo preciso por el cual el daño al DNA se transforma en señales intracelulares que controlan el comportamiento de la célula, pero sí se dispone de alguna información.

Así pues, la irradiación de células en la fase G1 del ciclo celular origina un bloqueo en la transición de fase G1/S; la irradiación en la fase S da lugar a una síntesis reducida del DNA y a una extensión de esta fase, y la irradiación en la fase G2 produce un retardo más prolongado que en otras fases. Estos retardos están relacionados con la expresión de ciclinas en las diferentes fases del ciclo celular.

Se ha visto que en respuesta a una dosis acondicionante, se inducen varias clases de genes y de productos de proteínas enzimáticas. Entre ellos cabe destacar a genes de reparación del DNA y quinasas de la superficie celular implicadas en la regulación de la señalización y proliferación celulares, tales como *abl* (proteín tirosín quinasa), *c-fos* y *c-jun* (la proteína AP-1 reguladora de genes), *c-myc* (proteína reguladora de genes de la familia HLH), *H-ras*, *K-ras* y *v-myc* (proteínas de unión a GTP implicadas en la expresión de ciclinas y en el arresto en la fase G1/G2), interleuquina-1 y proteín quinasa C (genes reguladores del crecimiento). Los genes inducibles por el daño al DNA, denominados *gadd*, son inducidos en células que no están proliferando y también se ha observado que están presentes en células acondicionadas.

Experimentos recientes que demuestran una interacción funcional entre la proteín quinasa dependiente del DNA y la proteín tirosín quinasa *c-Abl*, pueden proporcionar una respuesta plausible dando un papel central a la tirosín quinasa *c-Abl*. Se sabe que la tirosín quinasa *c-Abl* se activa con agentes que dañan el DNA, mientras que la proteín quinasa dependiente del DNA requiere para ser activada que se produzcan roturas de la doble cadena del DNA o lesiones más complejas. Se ha propuesto que la radiación ionizante estimula la unión de la quinasa *c-Abl* con la quinasa del DNA para inducir una asociación de la *c-Abl* con el antígeno Ku y para activar una serie de genes que regulan negativamen-

te la acción de la quinasa dependiente de ciclina, *cdk2*, dando lugar a que las células dañadas permanezcan en un estado estacionario en la fase apropiada para permitir que actúen las enzimas que reparan el DNA.

Al evaluar la eficacia de las células para reparar el daño en el DNA tras una exposición a mutágenos, es importante reconocer que el DNA es una molécula inestable en la célula. El daño causado durante el metabolismo - por hidrólisis (pérdida de purinas, pirimidinas y grupos aminos de las bases) y oxidación (alteración de bases e introducción de roturas de cadena sencilla) - está siendo continuamente reparado durante la síntesis y la replicación. Los mecanismos de reparación eficaces asociados con estos cambios metabólicos, dependen de la existencia de dos copias idénticas de la información genética, una en cada cadena de la doble hélice del DNA. Por tanto, si la secuencia de bases de una cadena cambia accidentalmente, la información de esta cadena no se pierde de forma irrecuperable, ya que en la cadena no dañada permanece una copia complementaria de las bases, lo que permite restablecer la secuencia correcta en la cadena dañada. La reparación se logra reparando por escisión enzimática la parte dañada, síntesis de una nueva copia a partir de la cadena no dañada por parte de la DNA polimerasa en el hueco creado por la escisión y reformación del enlace fosfo-diéster roto por la DNA ligasa.

Durante el metabolismo se suceden cambios en el DNA a un ritmo de 100 por

minuto en un genoma típico diploide. Para situar en perspectiva el daño causado por las dosis bajas, se estima que el número de lugares dañados en el DNA por célula para una dosis de 0,1 Gy corresponde aproximadamente a 100 roturas de cadena sencilla, 100 bases dañadas, 4 roturas de doble cadenas y 15 uniones cruzadas de proteínas y DNA. Parecería razonable suponer que el mecanismo de reparación de roturas de cadena sencilla asociado al metabolismo, sería sobradamente capaz de reparar esta pequeña carga adicional de daño que incluye las roturas simples y los nucleótidos, sin tener que acudir a enzimas específicas de reparación.

Se conoce peor el mecanismo de reparación de roturas de doble cadena y de daños locales más severos que ocurran en varios sitios - definidos como un "cluster" de al menos 2 a 5 ionizaciones en sitios de 1 a 4 nm de diámetro respectivamente. Se supone que las células de los mamíferos son capaces de reparar roturas de doble cadena a un ritmo similar al de las roturas simples; que hay componentes rápidos y lentos de reparación; y que los productos de oxidación resultantes de la exposición a radiación ionizante de baja LET son los responsables de la activación de genes encargados de las reparaciones de las roturas simples y dobles de las cadenas del DNA. Sobre esta base se puede argüir que la unión de roturas dobles es una función celular normal. Sin embargo la pérdida de nucleótidos en ambas cadenas a intervalos de más de 1000 pares de bases, puede deleccionar una parte sus-



tancial del DNA, incrementando la probabilidad de que se produzca una reparación defectuosa de tipo intercambio a medida que las lesiones se van haciendo más complejas.

En un contexto más amplio, se sabe que se pueden producir cambios adaptativos en células como consecuencia de la exposición a una variedad de agentes químicos y físicos. Las consecuencias de estos cambios celulares se denominan, de forma general, *respuesta de estrés*. La respuesta está asociada con un aumento en la expresión de genes implicados en el crecimiento y proliferación celulares y la sobreexpresión de una variedad de proteínas entre las que se encuentran aquellas responsables de los mecanismos de reparación del DNA y de señalización celular. En base a este conocimiento, es tentador especular que daños aleatorios en el DNA, ya sea causados por la radiación ionizante, otros agentes físicos como la radiación ultravioleta o el estrés térmico, o daños más específicos inducidos químicamente, puedan iniciar una respuesta genérica. La respuesta adaptativa puede por tanto reflejar la activación de los mecanismos de reparación que han evolucionado durante milenios.

Para resumir los estudios celulares, existe evidencia de adaptación a la radiación ionizante dentro de un rango estrecho de dosis acondicionantes, en los que se activan una amplia variedad de genes, que a su vez generan en las células irradiadas, una variedad de enzimas asociadas a la reparación; y que el mecanismo puede permanecer activo, al menos de

forma transitoria, para reparar daños producidos por otras dosis de radiación en las mismas células. En un contexto más amplio, este mecanismo de reparación podría también estar disponible para reparar daños causados por otros mutágenos. Es también probable que el proceso de reparación lleve asociado errores de reparación de algunas lesiones, como pueden ser los daños complejos de roturas de doble cadena; y es preciso tener en cuenta que una característica de estas reparaciones defectuosas es la activación de oncogenes y/o la reducción de genes supresores de tumores.

EVIDENCIA DE RESPUESTA ADAPTATIVA EN ANIMALES DE LABORATORIO

Inmediatamente después de los bombardeos atómicos de Hiroshima y Nagasaki en 1945, se estableció un importante programa de investigación en animales de laboratorio para caracterizar los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Estos programas ganaron en intensidad en los años 50 como resultado de la dispersión por toda la tierra de la lluvia radiactiva procedente de las pruebas nucleares atmosféricas y la consiguiente incorporación de materiales radiactivos en la cadena alimenticia. Se generó también cierta preocupación por el riesgo potencial que podría suponer la liberación accidental o deliberada de radiactividad al medio ambiente por parte del empleo incipiente pero creciente de la energía nuclear para usos civiles en la generación de energía.

Los primeros resultados de estos programas pronto pusieron de manifiesto la importancia de los efectos a largo plazo causados por mutaciones radioinducidas. Se observó que factores físicos tales como el tipo de radiación, la dosis, la tasa de dosis; y factores biológicos como el género, edad en el momento de la exposición y variación de la radiosensibilidad entre especies, eran capaces de modificar la respuesta cuando esta se medía en términos de incidencia tumoral o duración de la vida. Hay que notar que muchos de estos estudios a lo largo de toda la vida, llevaban implícito el empleo de dosis sustanciales de radiación y la mayoría de ellos no reproducían las condiciones de exposición en las que se había demostrado la respuesta adaptativa celular tras una dosis acondicionante.

Los resultados de estos programas experimentales han sido revisados periódicamente por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los Efectos Biológicos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y por el Comité Científico Nacional de los Estados Unidos sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes (BEIR).

En un grupo de experimentos se evaluó la posibilidad de recuperación de un fallo severo de la médula ósea. Se observó con claridad la capacidad de los ratones para desarrollar una radiorresistencia significativa por medio de una exposición previa a bajas dosis de rayos X. Los resultados de estos estudios de supervivencia a corto plazo han sido tipificados por un experimento más reciente, en el

que ratones SPF de la cepa ICR de 6 semanas de edad fueron expuestos a dosis acondicionantes agudas de rayos X en el rango de 0,025-0,10 Gy. Dos meses más tarde les expusieron a una dosis desafiante única potencialmente letal (7,75 Gy) y se midió la supervivencia a los 30 días (tabla II).

Los resultados muestran un incremento significativo de la tasa de super-

vivencia después de la administración previa de la dosis acondicionante. La mejora en la tasa de supervivencia coincide con un incremento en el número de unidades endógenas formadoras de colonias en bazo (endo-CFUs) en los animales que recibieron la dosis acondicionante. Parece que la mejora en la supervivencia a corto plazo era un reflejo de la proliferación de células madre hematopoyéticas y no necesariamente o

fundamentalmente debida a la reparación del daño celular.

Algunos experimentos de los años 50 y 60 indicaron que una exposición continua, dando como resultado una dosis acumulada en el rango de entre pocos mGy a pocos cientos de mGy al año, o una exposición a dosis fraccionadas de alrededor de 1 Gy por fracción, incrementaban la supervivencia total de los

TABLA II
Respuesta adaptativa manifestada como mejora de la supervivencia a corto plazo

Grupo	No. de ratones	Primera exposición Gy	Segunda exposición Gy	Tasa de supervivencia a los 30 días	Significación estadística
Control	70	0	7,75	14,3	-
1	60	0,025	7,75	16,7	p > 0,1
2	60	0,05	7,75	42,4	p < 0,001
3	60	0,10	7,75	40,0	p < 0,01

TABLA III
Supervivencia de ratones con una exposición crónica a bajas dosis de rayos gamma

Dosis: mGy/a	Ratones machos LAF ₁			Ratones hembras LAF ₁			n
	PES ± EE: ^(a) días	DE: ^(b) días	n ^(c)	Dosis: mGy/a	PES ± EE: días	DE: días	
0,14	463,99 ± 23,4	222,4	90	0,14	662,47 ± 17,3	222,4	90
1,6-4,9	528,40 ± 22,5	213,1	90	1,6-4,9	629,52 ± 20,4	213,1	90

Notas:

(a) Promedio de exceso de supervivencia y error estándar (PES ± EE).

(b) Desviación estándar (DE).

(c) Número de ejemplares en la muestra (n)



ratones en comparación con los que sólo recibían la dosis de fondo (Tabla III).

Por ejemplo, la exposición continua de ratones de la cepa LAF¹ a una tasa aproximada de 0,4 Gy/año durante toda la vida, hacía que la duración de la vida de estos ratones fuera ligeramente mayor que la de los animales de control no irradiados; pero más importante aún fue el incremento en las lesiones neoplásicas para estas tasas de dosis. Se observó un exceso de tumores de ovario, pulmón, mama y linfáticos con respecto a los que aparecían en los controles. Se puede deducir de estos resultados que la presencia de tumores no afecta per se al promedio natural de vida de los ratones. Es de interés resaltar que por aquel entonces la dosis semanal ocupacional máxima permisible a todo el cuerpo recomendada era de 300 mrems, equivalente a 0,15 Gy al año de radiación de baja LET.

En otros experimentos sobre la relación dosis-respuesta, se correlacionaron los efectos de la dosis sobre la duración de la vida con la incidencia tumoral. Un problema inherente en algunos experimentos fue la muerte prematura debida a infecciones oportunistas que fueron posteriormente evitadas aislando los animales y utilizando en algunos experimentos animales específicos libres de patógenos.

Como ejemplo de un experimento bien llevado con animales mantenidos de forma convencional, se expuso a ratones machos y hembras de la cepa RF/Un a

radiación gamma del Co-60 a diversas dosis (0,0001-1 Gy por minuto) a partir de las 10 semanas de vida. Esta exposición, en lo referente a su influencia sobre la duración de la vida de los ratones con respecto a la incidencia tumoral, tuvo pocos efectos hasta que la dosis acumulada se acercó a unos pocos Gy. Aún para altas tasas de dosis, una dosis pequeña de radiación tenía efectos variables sobre la longevidad, mostrando incluso en algunos grupos un aumento del periodo promedio de supervivencia. Debido a la fluctuación estadística, no ha quedado claro si el experimento refleja una disminución sistemática en la eficacia por unidad de dosis o un efecto de alargamiento de vida de las bajas irradiaciones. La reducción en la tasa de mortalidad no se limitó sólo a las fases tempranas de la vida o atribuible a la reducida mortalidad debida a infecciones oportunistas, que fue una característica de los efectos de alargamiento de vida por exposición a bajas dosis observada en otros experimentos. La incidencia de leucemia mieloide, linfoma del timo y tumores de ovario aumentó con la dosis y con la tasa de dosis.

Existen varias revisiones que detallan estos experimentos. Los experimentos con ratones han sido revisados por Mole, quien concluyó que en ninguno de los grupos expuestos, en los que la dosis semanal por animal fue menor de 0,1 Gy, la duración de la vida fue significativamente diferente a la observada en los grupos de control. Se propuso que para estas condiciones de exposición a bajas dosis, se establecía un equilibrio entre la

lesión radiológica y su reparación, tal que la lesión mínima crónica a la médula ósea daba lugar a un impulso en la proliferación de células madre con la consiguiente protección contra infecciones.

Se han revisado estudios más recientes con respecto a las relaciones dosis respuesta para tumores.

Se discuten dos de estos estudios sobre duración de vida e inducción de tumores que representan el consenso general sobre los hallazgos de otros experimentadores.

Se expusieron ratones machos de la cepa C75B1h Cnb de 12 semanas de vida, a rayos gamma del Cs-137 en dosis únicas o fraccionadas y se estudiaron los efectos sobre acortamiento de vida e incidencia de enfermedades. Esta cepa tiene una incidencia relativamente alta de tumores de aparición espontánea (33,19%), aunque la incidencia de timomas es pequeña (1,27%). Los resultados de una exposición única se muestran en la Tabla IV. No hay evidencia estadísticamente significativa de un efecto sobre la duración de la vida (alargamiento o acortamiento) por debajo de 2 Gy, pero se encontró una disminución significativa en la incidencia de todo tipo de cánceres (excepto timoma) en el rango de dosis de 0,5-1 Gy. Para dosis mayores, el acortamiento de vida y la relación dosis respuesta para la incidencia de tumores fueron consistentes con una función lineal. El fraccionamiento de la dosis fue menos efectivo que una exposición única aguda, pero en cambio dio

TABLA IV
Promedio de duración de vida (\pm EE) en días e incidencia de enfermedades (%)
tras una exposición única de ratones C75B₁ de tres meses de edad
a la radiación gamma del Cs-137

	Dosis (Gy)					
	Control	0,25	0,5	1	2	4
Supervivencia:						
Duración de vida	606 \pm 29	578 \pm 38	558 \pm 38	540 \pm 36	532 \pm 38	478 \pm 43
No. de animales	473	242	239	246	217	143
Timoma:						
Duración de vida	420 \pm 204	500 \pm 304	405 \pm 303	--	174 \pm 95	190 \pm 46
Incidencia %	1,27	1,65	1,26	--	2,3	13,29
Todas las leucemias:						
Duración de vida	624 \pm 65	581 \pm 92	582 \pm 100	546 \pm 93	513 \pm 102	375 \pm 72
Incidencia %	20,93	18,18	15,48	15,04	13,82	26,57
Carcinoma + sarcoma:						
Duración de vida	676 \pm 78	636 \pm 113	626 \pm 143	593 \pm 134	584 \pm 109	594 \pm 129
Incidencia %	16,3	14,04	8,79	8,94	14,29	16,08
Todos los cánceres:						
Duración de vida	648 \pm 53	598 \pm 74	599 \pm 84	566 \pm 80	543 \pm 76	444 \pm 67
Incidencia %	33,19	28,51	23,01	21,95	26,27	39,16

lugar a una aparición mas frecuente y temprana de tumores en el rango 1-2 Gy.

Se expusieron de forma continua ratones macho B6CF₁ de 15 semanas de edad a la radiación gamma del Co-60 con tasas de dosis entre 0,09 y 0,83 Gy por semana durante 23 semanas o a 0,09-0,42 Gy por semana durante 59 semanas. No se apreció ningún efecto estadísticamente significativo sobre la duración de la vida (ni acortamiento ni alargamiento) o muerte por tumores (82

% de todas las muertes) por debajo de una dosis total de alrededor de 10 Gy (a una tasa de 0,42 Gy por semana) en comparación con una única dosis aguda de 2 Gy (Tabla V).

Se han realizado tres experimentos a gran escala con perros "beagle" expuestos a dosis de rayos X o gamma con sesiones únicas, fraccionadas y continuas. En uno de los estudios, los perros fueron expuestos a 0,16 Gy y a 0,83 Gy de radiación gamma del Co-60 a los 8,

28 y 55 días después de su concepción y a los 2, 70 y 365 días después de su nacimiento. No se encontró diferencia en la duración de la vida en ninguno de los grupos expuestos en comparación con los controles sin irradiar. Sin embargo, se asoció la irradiación durante el desarrollo fetal con anomalías en el desarrollo del tiroides, timo, esqueleto, ocular y SNC (sistema nervioso central) y la irradiación perinatal originó enfermedades crónicas del riñón.



TABLA V
Efecto en la supervivencia de ratones macho B6CF₁ expuestos a dosis agudas de radiación gamma del Co-60 de 23 y 59 semanas de duración

Exposición única aguda		Exposición continua durante 23 semanas			Exposición continua durante 59 semanas		
Dosis total (Gy)	Supervivencia media \pm EE (días)	Dosis total (Gy)	Dosis media (Gy/sem.)	Supervivencia media \pm EE (días)	Dosis total (Gy)	Dosis media (Gy/sem)	Supervivencia media \pm EE (días)
Muerte por todas las causas							
0	863,4 \pm 10,1	0	0	857,3 \pm 14,7	0	0	802,9 \pm 15,8
0,90	833,8 \pm 12,0	2,06	0,09	829,7 \pm 13,2	5,28	0,09	767,7 \pm 14,8
1,43	826,9 \pm 16,4	4,17	0,18	805,6 \pm 21,8	10,70	0,18	718,7 \pm 15,8
2,06	806,5 \pm 15,1	9,59	0,42	675,3 \pm 22,8	24,60	0,42	616,2 \pm 20,5
2,68	727,0 \pm 13,3	19,18	0,83	578,6 \pm 31,6			
Muerte por tumores							
		0		893,0 \pm 14,8	0		843,7 \pm 14,4
		2,06		871,3 \pm 14,9	5,28		829,4 \pm 14,7
		4,17		841,9 \pm 20,8	10,70		749,8 \pm 15,8
		9,59		731,6 \pm 24,0	24,60		656,4 \pm 19,8
		19,18		621,8 \pm 34,6			

En otro estudio, se expusieron perros hembra a rayos X de 250 kV con dosis totales de 1 Gy recibidos en una dosis única y en dos o cuatro dosis fraccionadas distanciadas 7, 14 o 28 días. Todos los perros mostraron un acortamiento marginal de la duración de su vida en comparación con los animales no irradiados, siendo similar para los irradiados y no irradiados la incidencia de enfermedades mortales.

En el tercer estudio se expusieron de forma continua hasta la muerte perros

macho y hembra a la radiación gamma del Co-60, y en un experimento simultáneo, también se expusieron perros hasta alcanzar una dosis predeterminada. No se observó aparentemente efecto alguno en cuanto a la supervivencia media tras siete años de exposición continua (hasta llegar a dosis acumuladas del orden de 10 Gy) a una tasa de dosis igual o menor de 0,008 Gy por día y tras una exposición de los perros hasta su muerte a una tasa de dosis menor de 0,019 Gy. No se observaron muertes por septicemia, ane-

mia o alteraciones mielo-proliferativas para irradiaciones menores de 0,008 Gy/d.

Resumiendo estos estudios, no existe evidencia convincente que pueda soportar la hipótesis de que dosis bajas de radiación de baja LET inducen una respuesta adaptativa manifestada como un aumento del periodo de vida en relación con controles no irradiados. Se observó un acortamiento del periodo de vida por enfermedades malignas para irradiacio-

nes agudas de fracciones de 1 Gy, pero no en exposiciones crónicas hasta que la dosis no alcanzó valores de varios Gy.

EVIDENCIA DE UNA RESPUESTA ADAPTATIVA EN POBLACIONES HUMANAS EXPUESTAS

Se han revisado recientemente los estudios epidemiológicos sobre los efectos de la exposición a radiaciones de baja LET. En particular, se han examinado los estudios relativos a los efectos de las bajas dosis y bajas tasas de dosis en exposiciones ocupacionales, ambientales y en zonas de alto fondo radiactivo natural. Una respuesta adaptativa a bajas dosis, si existiera, debería manifestarse en una reducción en la incidencia natural del cáncer o en el exceso de los cánceres causados por la radiación ionizante.

Los estudios de poblaciones expuestas a altos niveles de fondo radiactivo natural en una zona de la provincia de Yangjiang en China, no han proporcionado una evidencia estadística de efecto alguno en la incidencia del cáncer. La cohorte consistió en alrededor 80.000 habitantes de un área de alto fondo, muchas de cuyas familias habían vivido en la misma zona durante generaciones. Se comparó esta cohorte con una población semejante que vivía en un área de bajo fondo. La dosis efectiva anual en la zona de alto fondo era de 0,0054 Sv en comparación con 0,0021 Sv de la zona de control de bajo fondo. En el rango de edades desde recién nacidos hasta 69 años, el exceso de riesgo relativo de leucemia fue -0,08

(-0,40, 0,39 - 90 % IC). Para cánceres sólidos en un rango de edades entre 10 y 79 años, el exceso de riesgo relativo fue de -0,06 (-0,16, 0,05), para una dosis adicional individual de alrededor de 0,2 Sv, en comparación con las personas de la zona de bajo fondo. Los autores de estudio concluyeron que el exceso de riesgo relativo de leucemia y de todos los cánceres excepto la leucemia, incluyendo algunos cánceres de localización específica, no aumentó ni disminuyó de forma significativa.

Los análisis de poblaciones de trabajadores no han puesto de manifiesto la posibilidad de una reducción en la incidencia de cánceres de aparición espontánea como resultado de una exposición a niveles de dosis comparables a las del fondo, aunque hay que tener en cuenta los amplios límites de confianza de estos estudios. Un análisis combinado de mortalidad por cáncer entre 95673 trabajadores de la industria nuclear de Canadá, Reino Unido y los Estados Unidos de América, de los cuales, el 60 % había acumulado dosis inferiores a 0,01 Sv (y el 2 % con dosis menores de 0,4 Sv), indicó un aumento significativo en el riesgo de leucemia a niveles de dosis relativamente bajos. Sin embargo, no se encontró asociación entre la dosis de radiación y la muerte debida a todos los cánceres excepto la leucemia. El exceso de riesgo relativo para la leucemia y para todos los cánceres excepto la leucemia fue respectivamente de 1,55 (-0,21, 4,7) y de -0,07 (-0,39, 0,30). Los riesgos relativos para 0,1 Sv en relación con una dosis de 0 Sv fueron respectivamente de 1,16 y 0,99.

Los estudios de mortalidad entre los supervivientes de las bombas atómicas, llevados a cabo entre 1950 y 1990, abarcan 86572 personas. Los excesos de riesgo relativo para la leucemia y para todos los cánceres excepto la leucemia son respectivamente de 4,62 (3,28, 6,40) y de 0,40 (0,31, 0,51). El riesgo relativo estimado en una evaluación anterior (1950-1985) para un rango de dosis entre 0,01-0,05 Sv y 0,06-0,09 Sv fue de 0,99 (0,68, 1,40) y de 0,61 (0,25, 1,22) para la leucemia, y de 1,06 (1,0, 1,12) y de 1,08 (0,98, 1,19) para todos los cánceres excepto la leucemia respectivamente. Por tanto, los riesgos relativos para las categorías de dosis más bajas no son significativamente distintos de la unidad.

Los estudios de pacientes que han recibido bajas dosis son complejos. Se ha revisado en profundidad el riesgo de cáncer infantil por exposición fetal obstétrica con rayos X (entre 0,01 y 0,10 Gy). Se ha establecido que el riesgo relativo es de 1,39, siendo el riesgo mayor si la exposición tiene lugar en el primer trimestre del embarazo. Por tanto, bajas dosis de rayos X antes de nacer, aumentan el riesgo de cáncer en la infancia.

Los estudios prospectivos tras la irradiación del timo en la infancia, indican un exceso del riesgo de cáncer de tiroides en el rango de dosis 0,01-0,49 Gy (dosis media al tiroides de 0,17 Gy). También se ha detectado en estos estudios un exceso de cáncer de mama.

Los estudios prospectivos tras la irradiación del cuero cabelludo en



niños para tratar infecciones de tinea capitis, indican un exceso de riesgo de cáncer de tiroides. Se ha estimado que el riesgo relativo es de 3,0 para un rango de dosis al tiroides de 0,04-7 Gy (dosis media al tiroides de 0,62 Gy). El riesgo relativo para cánceres de cabeza y cuello, y de leucemia es de 3 y 2,3 respectivamente. Se siguen produciendo excesos de cáncer de cerebro (dosis media craneal de 1,5 Gy) y de mama (dosis media alrededor de 0,01 Gy).

Se observa generalmente un incremento del riesgo relativo para cánceres radioinducidos en adultos tras irradiaciones médicas, pero hay excepciones. Por ejemplo, se ha observado una asociación positiva entre la radiación ionizante y el cáncer de mama tras exámenes fluoroscópicos para verificar la eficacia del neumotórax artificial en el tratamiento de la tuberculosis, pero no se ha observado un exceso de riesgo para el cáncer de pulmón. En un estudio reciente de una cohorte de 64172 pacientes canadienses, de los que 25000 estuvieron expuestos a múltiples fluoroscopias de tórax muy fraccionadas, con una dosis total media a los pulmones del orden de 1 Sv, recibida en tasas de dosis moderadas, no se halló evidencia de una asociación positiva entre el riesgo y la dosis, siendo el riesgo relativo para 1 Sv de 1,00 (0,94,1,07).

Para resumir los estudios epidemiológicos, es complicado poder obtener conclusiones de ellos, por la falta de poder estadístico a bajas dosis, y es dudoso que estos estudios puedan nunca ser capaces de proporcionar una respuesta de la presencia o ausencia de una respuesta adaptativa a bajas dosis. La tendencia general en adultos es consistente con un incremento del riesgo de cáncer a medida que aumentan las dosis por encima de alrededor de 0,2 Gy, pero hay excepciones. Si estas excepciones reflejan asociaciones reales o son debidas a la casualidad, permanece todavía desconocido.

CONCLUSIONES

Los experimentos llevados a cabo en los años 50 y 60 exponiendo animales a dosis de radiación ionizante del orden de 10 veces los niveles del fondo radiactivo natural, indicaron un alargamiento del periodo de vida en roedores. Posteriormente, se demostró de forma convincente un respuesta adaptativa inducida por la radiación y por productos químicos en una variedad de células en cultivo. Esta respuesta adaptativa se asoció con la activación de genes y con la regulación positiva de proteínas enzimáticas, dando como resultado un retraso en el ciclo celular y la oportunidad, como fenómeno transitorio, de reparar los daños produci-

dos por la radiación en el DNA. Fue esta evidencia combinada de los estudios en animales y en células lo que alentó la opinión de que pequeñas dosis de radiación podían tener efectos beneficiosos.

Datos posteriores más extensos de experimentos en animales sobre relaciones dosis respuesta y los escasos datos epidemiológicos en seres humanos expuestos a bajas dosis de radiación, no han proporcionado una evidencia firme de que la respuesta adaptativa, si opera bajo las condiciones de exposición indicadas en este artículo, disminuya la incidencia de efectos tardíos como pueden ser la inducción de cáncer tras la exposición a dosis bajas. Los estudios moleculares y celulares han puesto de manifiesto que el daño al DNA en forma de rotura de doble cadena es reparable, pero también es de esperar alguna reparación defectuosa. Sobre esta base, se puede concluir que la magnitud del daño causado por la radiación ionizante tras exposiciones a dosis bajas, puede estar influenciada por la estimulación de los mecanismos de reparación del DNA, pero a pesar de ello, estos mecanismos sólo pueden ser parcialmente efectivos y por tanto no se puede eliminar totalmente el riesgo de aparición de un cáncer radioinducido.



Entrevista con K.E. Duftschmid y J. Lochard



Klaus E. Duftschmid es actualmente Profesor de la División de Radiación y Seguridad de la IAEA, Director del Departamento de Protección Radiológica del Centro de Investigación Seibersdorf, en Austria, y Profesor de Protección Radiológica en la Universidad de Graz, Austria.

Es Presidente de IRPA (Asociación Internacional de Protección Radiológica), miembro de American Health Physics Society y American Nuclear Society, y miembro honorario de Metrological Academy de la Federación Rusa.

Además, pertenece al Comité Editorial de las revistas *Radiation Protection Dosimetry* y *Health Physics*.

Es autor de más de 90 publicaciones sobre protección radiológica, dosimetría y física nuclear aplicada.



Jacques Lochard es Economista por las Universidades francesas de Besançon y La Sorbona-Pantheon, de París. Es el Director del CEPN (Centro para la Evaluación de la Protección Nuclear). El CEPN es una organización sin ánimo de lucro, fundada en 1976, dedicada a la investigación y consultoría en el área de la optimización de la protección radiológica y a la evaluación comparada de riesgos a la salud y ambientales asociados a sistemas energéticos.

La contribución más importante del señor **Lochard** en protección radiológica ha sido el desarrollo de metodologías y herramientas de aplicación en el campo de la optimización de la protección radiológica. Ha escrito varias decenas de artículos en revistas científicas y ponencias en conferencias internacionales, desarrollando tanto los aspectos teóricos como prácticos de la optimización.

El señor **Lochard** es actualmente el Presidente de la Sociedad Francesa de Protección Radiológica (SFRP); y también está activamente involucrado en la escena internacional de la protección radiológica: miembro del Consejo Ejecutivo de la Asociación Internacional de la Protección Radiológica (IRPA), miembro del Comité de Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH) de la Agencia de la Energía Nuclear (NEA) de la OCDE y miembro del Comité 4 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)



En el transcurso del Congreso de Barcelona tuvimos oportunidad de conversar con K.E. Duftschmid, Presidente de la IRPA (Asociación Internacional de Protección Radiológica) y J. Lochard, Presidente de la Sociedad Francesa de Protección Radiológica y miembro del Consejo Ejecutivo de la IRPA. A continuación recogemos algunas de sus opiniones sobre los objetivos, actividades y proyectos futuros de la citada organización.

Pregunta: **¿Cómo y cuándo nace la idea de fundar IRPA?**

-Respuesta: La idea de fundar IRPA nace a iniciativa de la Health Physics Society, ya que aunque se veía la necesidad de formar una organización internacional, en 1963 todavía no era una realidad. Como consecuencia, la Health Physics Society formó un comité de expertos para estudiar el problema y es en 1964, en París, donde se celebra la primera Asamblea General, a la que acuden representantes de 15 sociedades de protección radiológica y se crea formalmente IRPA (Asociación Internacional de Protección Radiológica).

P.: ¿Cuáles son los principales objetivos de IRPA?

R.: El principal objetivo de IRPA es establecer un medio en el que las personas que trabajan en actividades relacionadas con la Protección Radiológica se puedan comunicar de una forma rápida y eficaz. Pero, además, está el apoyar las publicaciones relacionadas

con la Protección Radiológica, así como los congresos internacionales, e incentivar el establecimiento y revisión de normas y recomendaciones en materia de Protección Radiológica.

Se incluyen aspectos relevantes de ramas del conocimiento como ciencia, medicina, ingeniería, tecnología y derecho, en un esfuerzo común, para proporcionar la protección del hombre y el medio ambiente de los riesgos de la utilización de las radiaciones ionizantes y no ionizantes, y facilitar y controlar las prácticas radiológicas en la medicina, las ciencias y la industria para el beneficio de la humanidad.

P.: ¿Quiénes forman IRPA?

R.: Los miembros de IRPA deben ser miembros de una Sociedad regional o nacional afiliada a IRPA. IRPA sólo acepta una Sociedad asociada en cada país. En la actualidad, IRPA tiene 40 Sociedades Asociadas, la última en asociarse ha sido Cuba, y un total de 16.000 miembros.

P.: ¿Cómo puede definirse la relación de IRPA con la Sociedad Federadas?

R.: IRPA apoya la autonomía de cada Sociedad Asociada, para ejercer sus actividades en Protección Radiológica a nivel local, nacional o regional y les proporciona un medio para compartir sus actividades en Protección Radiológica a nivel internacional. Todos los miembros de las Sociedades Asociadas automáticamente se convierten en miembros de IRPA.

P.: ¿Cómo se configura la estructura administrativa de IRPA?

R.: Los principales programas y las decisiones más importantes se discuten y deciden en Asamblea General, que es

una pieza clave en los congresos internacionales que se celebran cada cuatro años. La Asamblea General es el cuerpo representativo de IRPA. Los delegados son elegidos por cada Sociedad Asociada de forma proporcional, y los miembros del Comité Ejecutivo son designados en la Asamblea General.

Existen también comités y comisiones formados con el objetivo de tratar temas específicos. Una comisión es un conjunto de personas seleccionadas entre los miembros de IRPA, en las que se ha delegado para actuar en nombre de la asociación en temas específicos. Un comité realiza tareas dentro de una relación consultiva para el comité ejecutivo y la Asamblea General.

P.: ¿De qué forma se constituye el Comité Ejecutivo de IRPA?

R.: El Comité está formado por un Presidente, un Vicepresidente, un Secretario General y nueve Vocales, entre los cuales contamos con un español, D. David Cancio, designado en el último congreso celebrado en Viena. El Comité se reúne una vez al año y esta vez nos hemos reunido en Barcelona, coincidiendo con este Congreso.

P.: Del conjunto de los Comités y Comisiones, ¿cuáles son los más importantes?

R.: Quizás los más importantes sean: Comisión de publicaciones, Comité de coordinación de reuniones internacionales, Comité de selección del Premio Sievert, Comité de admisiones, Comité de organización de congresos internacionales, Comité de programas de congresos internacionales y Comité de reglas.

P.: ¿Cómo son las relaciones actuales de IRPA con otras organizaciones internacionales?

R.: IRPA mantiene relaciones de cooperación con distintas organizaciones internacionales que de una forma u otra están relacionadas con la Protección Radiológica, como la ICNIRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica en Radiaciones no Ionizantes), ICRP, ICRU, UNSCEAR, IAEA, WHO, ILO, NEA y PHAO.

P.: ¿Cuáles son los servicios y publicaciones de IRPA?

R.: IRPA publica un Boletín trimestralmente, además de tener en la actualidad una página web (<http://www.irpa.at>), de manera que todos los socios dispongan de una información actualizada en todo lo que respecta a la Protección Radiológica. Además, se publican los libros de resúmenes de los Congresos. Así mismo, se facilita a los socios tarifas reducidas para la suscripción a "Health Physics" y a "Radiation Protection Dosimetry".

P.: Este Congreso de Barcelona es, además del Congreso de nuestra Sociedad, Congreso Regional IRPA. ¿Qué significado tiene un Congreso Regional IRPA?

R.: Los Congresos regionales se celebran para dos o más Sociedades Asociadas que pertenezcan a la misma región geográfica, por ejemplo en el caso de este Congreso de Barcelona, es para las Sociedades Española, Francesa e Italiana. Estos Congresos desarrollan las conexiones entre miembros de IRPA, ya que están abiertos a los miembros de cualquier país.

La Asociación patrocina este tipo de Congresos, especialmente dando apoyo financiero, en forma de préstamo, para sufragar gastos anteriores a los ingresos.

P.: ¿Qué puede decirnos acerca de los Congresos Internacionales de la IRPA?

R.: El primer Congreso Internacional de IRPA se celebró en Roma, en 1966, y el próximo se celebrará en Hiroshima, en el año 2000.

Dentro de las principales tareas de IRPA está el apoyar reuniones internacionales para la discusión de todos los aspectos de la Protección Radiológica, y el patrocinio de los Congresos Internacionales IRPA es una de las funciones más importantes. Durante el Congreso se debaten todos los aspectos de la Protección Radiológica, y se revisan todos los temas actuales en sesiones plenarias, talleres o sesiones científicas. Además, uno de los principales rasgos del Congreso son los cursos de refresco. Normalmente el programa incluye:

- La ceremonia de apertura y la Lección Sievert.
- La Asamblea General.
- El forum de las Sociedades Asociadas.
- Sesiones científicas en un amplio abanico de temas de Protección Radiológica.
- Talleres, sesiones de formación y cursos en temas específicos.

P.: ¿Qué temas van a abordarse en el próximo Congreso Internacional?

R.: El Comité Ejecutivo está ya preparando una serie de temas a debatir en Hiroshima, en los cuales ya se está trabajando, ya que hemos tenido una primera reunión preparatoria aquí en Barcelona, y vamos a tener una segunda el año próximo en Southport, en el Reino Unido. Los temas a debatir serán:

La reorganización de los Congresos Regionales, ya que en la actualidad, al

celebrarse por iniciativa de dos o más Sociedades, como antes hemos comentado, se puede producir una multiplicación de este tipo de Congresos, por lo que quizás se deba tener a una regionalización más amplia, como sería un ámbito europeo o latinoamericano, etc.

El reconocimiento de los expertos en Protección Radiológica, su cualificación, acreditación, etc.

La revisión y mejora de los mecanismos de transmisión de información y de la comunicación entre los socios, adaptándonos a los nuevos medios de comunicación.

Y, por último, un tema del que se está hablando mucho últimamente, los aspectos deontológicos y éticos de los profesionales de la Protección Radiológica. Queremos clarificar si IRPA debe o no jugar un papel en este tema.

P.: Mirando al futuro, ¿cuáles son los objetivos de IRPA?

R.: IRPA tiene tres objetivos fundamentales de cara al futuro:

- Aumentar la comunicación entre las Sociedades Asociadas, utilizando una nueva dimensión de IRPA, como va a ser IRPA Network. En este sentido, debemos demostrar que podemos recopilar la información y que además somos capaces de proporcionar dicha información de una forma rápida a aquellos que lo necesitan.
- Proporcionar una formación cada vez más completa y avanzada a los profesionales de la Protección Radiológica.
- Y establecer mecanismos para lograr que las opiniones profesionales sean aceptadas globalmente.



El nacimiento y agitada vida de Françoise, la mezza dona morta

Aspectos tragicómicos de un proyecto científico internacional

G. Gómez Crespo

Una oquedad en el cuello permitía alojar "tiroides" de diferentes tamaños. El cuerpo del maniquí, un torso desnudo, contenía una resina granulada "marcada" con una cantidad insignificante de "mock iodine", una mezcla de radioisótopos de vida larga, para simular la radiación de fondo (background) de un paciente que ha recibido una dosis trazadora de yodo radiactivo.

Françoise viajó solita en avión a Londres. Yo tuve que ir muy cerca de su siniestra Torre a una oficina de aduanas igualmente medieval, donde, no sé si por miedo a la radiactividad de mi muñeca, o por respeto al Royal Marsden Hospital, donde iba a comenzar su largo periplo científico, la dejaron pasar sin más formalidades.

Estaba entonces muy lejos de imaginar que mi pomposo proyecto científico, *Calibration and Standardization of Thyroid Radioiodine Uptake Measurements*, que me confió el Organismo Internacional de Energía Atómica, se convertiría en el libro que pienso escribir, del que no tengo más que el título: *My troubles with customs*.

El perfeccionismo de la División de Radioprotección del OIEA me añadió peores complicaciones. Además del maniquí que, en su enorme maletón forrado de aluminio pesaba 40 kilos, había que transportar una docena de patrones (estándares) radiactivos comparables a la diversidad de patrones que utilizaban los laboratorios de medicina nuclear del ancho mundo, cuyo desbarajuste me habían encargado de arreglar.

Fabricaron, pues, un cilindro de acero, con gruesas paredes concéntricas, entre las cuales una espesa capa de plomo aseguraba una protección más que suficiente contra las exiguas

radiaciones de su contenido. Curándose en salud habían calculado que, si se caía el cilindro en medio de un avión envuelto en llamas, no perdería su blindaje contra las radiaciones.

Afortunadamente no tuve ocasión de comprobar la eficacia de las precauciones que tomaron mis colegas, pero sí de los inconvenientes que me creó su exceso.

Peso: 40 kilos. Aspecto: el de una bomba, confirmado por el hecho de que, como aún no existía el signo internacional de precaución contra las radiaciones, le plantaron una etiqueta indestructible con el clásico dibujo de ¡EXPLOSIVO!

Primer atasco: Bilbao. Van llegando los pasajeros del vuelo a Madrid, que esperan el momento del embarque. Y aparece mi dichoso cilindro sobre un mostrador a la vista de todos. ¿Qué es esto?, pregunta imperioso el empleado de Iberia, señalando el "artefacto" que miran con recelo mis futuros compañeros de viaje. Explicación científica totalmente incomprensible para el agente, quien explica en voz alta que las radiaciones de mis estándares pueden interferir con el "radar" del avión. Miradas asesinas de los viajeros al presunto terrorista que transporta una bomba. Interviene un colega del Hospital de Basurto y convence al funcionario para que lo embarque. Pero imagino la aprensión de los otros pasajeros, probablemente persuadidos de que soy un "kamikaze".

En febrero de 1963 llegué a Beirut procedente de Túnez y Atenas. Panam me alojó en el Hotel Phoenicia. Llegué por la noche para continuar el día siguiente a Bagdad con la misma compañía. Por eso dejé mi equipaje científico en el aeropuerto en la oficina de Panam.

Pasada media noche me despierta una llamada telefónica. "Are you Dr. Gómez? Yes, Sir." Todo el personal de la oficina donde guardamos su equipaje sufre de violentos picores que atribuimos a las radiaciones. ¿No serán pulgas?, aventuré. La reacción del empleado me pareció tan airada que rectifiqué el tiro y añadí tímidamente... o mosquitos? ¡No!, ¡aquí no hay pulgas ni mosquitos! Me incorporé en la cama preparado para dar un curso telefónico de radiobiología antes de que pusieran en práctica la terrible amenaza de enviarme el equipaje al hotel y encontrarme en el "hall" a las cuatro de la madrugada, implorando al galonado conserje, tan imponente en su librea, unas horas de hospitalidad a mi adorada muñeca.

Traté de hacer comprender al empleado de Panam que sus molestias eran pura aprensión; que las insignificantes radiaciones emanadas de mi equipo no podían tener ese efecto; que llevaba años viajando con esos materiales y finalmente, ¡golpe genial!, se me ocurrió decirle que esa pequeña cantidad de radiación que yo recibía a diario no me había impedido procrear tres hijos, sino más bien estimulado el deseo de hacerlos. ¡Concluyente! Pude dormir unas horas más antes de caer en la próxima aventura, cuyos peligros ignoré hasta después de pasados.

Bagdad, febrero de 1963: Trabajo en el Hospital Al Joumouiah, al lado del Ministerio de Defensa, donde reside Abd-Al-Karim Kassem, Jefe del Estado.

Tras de la verja del Ministerio, en una esquina, montado sobre una plataforma inclinada para que se pueda ver desde la calle, hay un automóvil acribillado a balazos. Es el coche de Kassem, quien salió indemne del atentado perpetrado por Saddam Hussein, autor del artístico calado en la carrocería. El joven Saddam resultó herido en el ataque, pero se pudo escapar. Sus compañeros perecieron.

El ambiente de Bagdad es tenso. Aviones militares sobrevuelan constantemente la ciudad.

Cuando al día siguiente, en El Cairo, John D., un compañero del OIEA, supo que venía de Bagdad me dijo: ¡te has

librado de buenas! El día de mi salida bombardearon el Ministerio de Defensa, asesinaron a Kassem y mostraron su cabeza en la televisión. No quiero pensar en lo que me hubiera ocurrido si me hubiera quedado más tiempo en Bagdad custodiando mi "bomba".

Un pequeño incidente me dio el truco para facilitar la aceptación de mi "sospechoso" cilindro.

Debía salir de viaje. Hice que depositaran mi material científico, es decir la muñeca y el cilindro, en la puerta cochera del OIEA, en Mahlerstrasse. Cuando bajé de mi despacho para embarcarlo en la furgoneta que me debía llevar al aeropuerto, tanto el vehículo como mi equipaje habían desaparecido. El portero, creyendo que tenía que ir al laboratorio, lo envió a Seibersdorf, a casi 30 kilómetros de Viena. Pedí al conserje que llamara al laboratorio para recuperarlo inmediatamente y que me telefonara tan pronto llegara. Un buen rato después me llamó para decirme que estaba de nuevo en la Agencia. ¿Todo?, le pregunté. ¿La maleta y el cilindro? ¡Ja, Herr Doktor. Die puppe und der kleine motor! ¡Jawohl!

A partir de ese momento, sobre todo cuando viajaba en tren, como fue el caso en Yugoslavia, Holanda y Suecia, hacía pasar mi pesado cilindro por un motor, claro es, con la explosiva etiqueta boca abajo, oculta por la base de madera que servía para su transporte.

Pero el truco no me sirvió para llevarlo a Bulgaria. Esperaba en el aeropuerto de Viena, pero Tarom no anunciaba mi vuelo, a pesar de que había pasado la hora oficial de salida, cuando me llamaron por los altavoces y me hicieron bajar al "tarmac". Me esperaba un cochecito minúsculo con una bandera mayúscula, donde se leía ¡DANGER! Mi cilindro estaba allí. Me llevaron al pie del avión, donde en mal alemán traté de explicar al piloto rumano que mis estándares no representaban el menor peligro ni para el avión, ni para la tripulación y pasajeros..., pero tuve la prudencia de no añadir que tampoco pondrían en peligro la gloriosa revolución soviética. Nos



embarcaron a Françoise (la muñeca), al cilindro y a mí con unos pocos pasajeros en un avión de hélices que, tras una breve escala en Bucarest, me depositó en Sofía.

Fue probablemente a finales de 1963 cuando llegué una noche a Guayaquil, procedente de Lima. Como el médico que debía esperarme no vino al aeropuerto, dejé mi equipaje científico en la aduana y me instalé en un hotel de la ciudad. Cuando al día siguiente me puse en contacto con el médico en cuestión, se acordó de repente que efectivamente le interesaba mi presencia (convenida por escrito desde mucho antes), y nos fuimos al aeropuerto a buscar mi equipo. El aduanero, a quien se lo había confiado la víspera, estaba de vacaciones y el de servicio no sabía nada. Tampoco nos pudieron informar en la oficina de Panam en el aeropuerto. Pensando en el violento prurito de sus colegas beyrutinos de Panam, su miedo a las radiaciones y la anchura y profundidad del río Guayas, que desemboca por allí en el océano Pacífico, pensé que todo estaba perdido. A Dios gracias mi equipaje apareció intacto unas horas después en un inmenso almacén de la aduana, precisamente a orillas del Guayas, y no respiré tranquilo hasta que me alejé con mi preciosa carga de tan procelosas aguas.

Buenos Aires, octubre de 1963: Llego en pleno día al Aeropuerto Internacional de Ezeiza con mis "trastos de matar", como dicen los toreros.

Me espera un funcionario de la Comisión Argentina de Energía Nuclear que responde al curioso nombre de Lorito.

Colocamos mi equipaje sobre el "mostrador" de la Aduana. ¿Qué es esto?, pregunta receloso el aduanero. Comienzo mi pedantesca explicación científica y expreso la actividad de mis fuentes radiactivas con una docena de ceros a la izquierda. Lorito me interrumpe. Empieza a hablar de bombas de cobalto y bombas de cesio al aterrizado aduanero. Doy un pisotón a Lorito y un buen codazo cuando el aduanero no mira. El funcionario se apresura a sellar el justificante que llevo y me dice: ¡Pase!

Aún me veo a la salida de la Aduana increpando a Lorito. Usted está loco, le dije. ¿Cómo se atreve a decir esas monstruosidades y calificar de bomba mi inofensivo equipaje?

Señor, me dice Lorito con sorna. Vd. sabrá mucho de radiaciones, pero nada de aduanas. Si digo que lo que Vd. lleva es inofensivo lo retienen en la aduana hasta el fin de sus días. Si les asusto con la bomba, se desembarazan al instante de la misma. Lorito tenía razón..., en Argentina.

En mi último gran viaje de la vuelta al mundo, hacia la izquierda, persiguiendo al sol poniente.

ASAMBLEA GENERAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El día 27 de mayo de 1998, a las 17,45 horas, tuvo lugar la Asamblea General de la Sociedad en el Palau de Congressos de Barcelona, ante la presencia de 74 socios y con el siguiente orden del día:



1. Aprobación del acta de la Asamblea General de 1997.

2. Informe del Presidente.

3. Estado de cuentas y presupuesto.

4. Altas y bajas de socios.

5. Renovación de la Junta Directiva.

6. Estructura funcional de la S.E.P.R.

7. Asuntos de trámite e informaciones de interés.

8. Ruegos y preguntas.

1. Aprobación del acta anterior.

Tras la consulta a la Asamblea General sobre el contenido del acta anterior ésta es aprobada por unanimidad.

2. Informe del Presidente.

D. Eduardo Sollet inició su intervención haciendo mención que desde la última asamblea, celebrada en octubre del pasado año, había sido un período muy intenso de trabajo. A continuación pasó a relatar las actividades realizadas:

- Organización del seminario sobre "Implicaciones de la nueva normativa sobre prevención de riesgos laborales en la vigilancia médica y en la protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos"; que tuvo lugar el 16 de octubre de 1997 en el Ministerio de Sanidad y Consumo. Se presentó el libro editado por GESTISA que recoge los proceedings de este seminario.

- Organización de la presentación de la Directiva 97/43/EURATOM "Protección al paciente en exposiciones médicas", que tuvo lugar en la sede del Ministerio de Sanidad y Consumo el 27 de abril de 1998.

- Organización del curso de "Transporte de material radiactivo", celebrado en el CIEMAT del 23 al 27 de marzo de 1998.

- Edición de los carteles de prevención de riesgos de exposición a las radiaciones ionizantes durante el embarazo por exploraciones de rayos X o de Medicina Nuclear.

- Edición del cartel de la candidatura de España para organizar el 11 Congreso Internacional del IRPA en Madrid el año 2004.

- Elaboración y remisión a todos los socios de un folleto de la S.E.P.R. con los nuevos estatutos aprobados en la Asamblea Extraordinaria de octubre de 1997.

- Elaboración y remisión a todos los socios de un folleto de la S.E.P.R. con la nueva estructura funcional de la S.E.P.R., organizada en sectores de actividad y comisiones de la Junta Directiva, aprobada también en la Asamblea Extraordinaria de octubre de 1997.

- Remisión a todos los socios de dos encuestas: una recabando de ellos su opinión sobre la revista y la otra solicitando su inclusión en los sectores de actividad y en algunas de las Comisiones.



- Elaboración de la página web de la Sociedad Española de Protección Radiológica, ya disponible y operativa.
- Se continúa con la preparación del Protocolo Español de Control de Calidad en Medicina Nuclear.

El presidente hizo mención después a todos los grupos de trabajo de socios que han colaborado intensamente con la S.E.P.R. durante el último año:

- Revisión de Estatutos de la S.E.P.R.
- Estructura funcional de la S.E.P.R.
- Revisión de Guías de Seguridad del CSN.
- Transposición de la Nueva Directiva de Protección Radiológica al Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.
- Revisión del borrador del nuevo Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Elaboración de los Reales Decretos de Control de Calidad en Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico.
- Preparación de Directiva de la UE de Protección al Paciente.
- Publicación de la S.E.P.R. sobre beneficios y efectos de las radiaciones ionizantes.

- Participación en la Comisión Nacional de la Especialidad de Radiofísica Hospitalaria, finalmente aprobada por el RD 220/1997 de 1 de marzo de 1997.

- VII Congreso de la S.E.P.R. Barcelona, mayo - 1998.

- Creación de la página web.

En cuanto a las actividades futuras, se incluyeron las siguientes:

- Organización de una jornada sobre "Exposición a la radiación natural", sin fecha concreta todavía.
- Organización del seminario sobre "Desarrollos actuales para la aplicación de las recomendaciones de la ICRP", celebrado en el CIEMAT el 19 de junio de 1998.
- Reunión de sociedades europeas de protección radiológica con el Jefe del Área de Protección Radiológica de la DG XI de la CE para lanzamiento de actividades de colaboración.
- 2.^a Edición del Curso avanzado de Radiobiología, que tendrá lugar en el CIEMAT la semana del 23 al 27 de noviembre de 1998.
- 2.^a Edición del Curso de Transporte de Material Radiactivo en el año 1999.

- Organización del Curso de "Control de Calidad de la Instrumentación en Medicina Nuclear", que se celebrará en Madrid de 12 al 14 de noviembre de 1998 en el Hospital Universitario de la Princesa, conjuntamente con la SEFM.

En cuanto a publicaciones, la S.E.P.R. tiene previsto las siguientes:

- Edición de un libro que recoja todas las clases del curso de Transporte de Material Radiactivo.
- Edición de un libro de divulgación sobre las radiaciones ionizantes.
- Edición del "Protocolo Español de Control de Calidad en Medicina Nuclear".

Posteriormente, se refirió al apoyo que la S.E.P.R. está aportando a la organización del IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica Nuclear (Congreso Regional IRPA) a celebrar el próximo mes de octubre de 1998 en La Habana (CUBA), y de las gestiones realizadas con el nuevo Embajador Español en Cuba para que reciba a la delegación española.

Finalmente el presidente informó de los resultados de la encuesta sobre la opinión de los socios sobre RADIOPROTECCIÓN, que se indican en otra parte de este número.

3.- Estado de cuentas y presupuestos. Informe del Tesorero.

D. Pío Carmena comenzó realizando una exposición sobre los ingresos y

gastos realizados en 1997, cuyo balance sobre lo realizado arroja un beneficio de 2.154.414 pesetas. Expuso que dentro de las actividades que la Sociedad tiene marcadas para este año y según todas las previsiones los gastos para el año 1998 será de unos 12.475.000 pesetas y los ingresos de 16.450.000 pesetas. Terminó indicando que para el siguiente año no cree necesario el aumento de cuotas.

4.- Altas y bajas de socios. Informe del Secretario.

D. Manuel Fernández informa de las altas admitidas en las cuatro Juntas Directivas realizadas desde la última Asamblea General, cuyo número asciende a 31 nuevos socios. Así mismo las bajas que se han producido han sido de 19 socios. Aclara que estas bajas se han producido por aplicación de los estatutos y sólo una a petición del socio.

Actualmente la Sociedad cuenta con 521 socios numerarios y 22 socios colaboradores.

Sobre el estado de la futura Orden Ministerial para la obtención del título de Especialista en Radiofísica Hospitalaria, indicó que está a falta de la firma del Ministro de Presidencia para su publicación.

Aprobación por Junta Directiva de unas normas para la realización de los Congresos bianuales de la Sociedad, que aparecen publicados en este número de RADIOPROTECCION.

5.- Renovación de la Junta Directiva.

El Secretario hace un resumen de la única candidatura presentada según los estatutos de la Sociedad, y seguidamente tras una presentación por el Vicepresidente de unos breves curriculum de sus componentes, la Asamblea por unanimidad aprobó la candidatura compuesta por:

Vicepresidente Primero: D. Ignacio Hernando González.

Secretaria General: D^a M^a Luisa España López.

Vocales:

D. Juan Manuel Campayo Esteban.

D. Antonio Delgado Martínez.

D^a M^a Jesús Muñoz González.

6.- Estructura Funcional de la S.E.P.R.

D. Xavier Ortega tomó la palabra y realizó un breve explicación de lo que la Junta Directiva pretende con la Estructura Funcional que fue aprobada en la Asamblea del año anterior y que espera poner en marcha en los próximos meses, cuando se termine de recibir las contestaciones de la encuesta realizada a todos los socios. Animó a su contestación y terminó indicando que la composición de las comisiones no estará cerrada y que su composición es necesaria para las actividades de la Sociedad.

7.- Asuntos de trámite e informaciones de interés.

**Informe de la GRIAPRA.*

D. Juan José Peña, presenta, en un resumen, los antecedentes del Grupo y las decisiones y acuerdos tomadas por las Sociedades que lo componen. Expuso el apoyo institucional de la Junta de Extremadura y los objetivos de los proyectos aprobados.

Destacó los acuerdos de la 2^a reunión técnica celebrada en La Habana entre el 8 y el 15 de enero de 1998, que entre otros son:

- Taller sobre los aspectos regulatorios de la protección radiológica del paciente, en colaboración con la ICRP, OIEA, OPS, IRPA y UE.

- Curso superior de la PR del paciente. Desde el 15 al 20 de octubre de 1998 se realizará este curso dirigido a titulados universitarios con experiencia previa en protección radiológica y física médica. La Junta de Extremadura otorgará 15 becas que garantiza la cuota de inscripción del curso, la estancia y la documentación técnica.

Se otorga una beca para dos investigadores cubanos del CPHR, en algunos hospitales españoles, para estudiar y analizar la protección radiológica en radiología intervencionista. Por último, expone la organización de una mesa redonda, con motivo del IV Congreso Iberoamericano de Protección Radiológica, que se celebrará en La Habana del 19



al 23 de octubre de 1998, para presentar los trabajos realizados hasta esa fecha en la GRIAPRA.

**VIII Congreso Nacional de la SEPR.*

El Secretario comentó que sólo se han recibido propuestas de realización para el VIII Congreso por parte de unos socios de Zaragoza y de Canarias. En definitiva, los socios de Zaragoza han retirado la propuesta de candidatura y sólo los socios de Canarias quieren exponerla a

la Asamblea, por lo que se cede la palabra a D. Roberto Martín Oliva.

Tras una brillante exposición de la propuesta la Asamblea aprueba que el VIII Congreso de la SEPR se realice en Las Palmas de Gran Canaria, siendo su presidente D. Roberto Martín Oliva y presidente del Comité Científico, D. José Hernández Armas.

8.- Ruegos y preguntas.

Pide la palabra D^a Jocelyne Leal, que

realiza un resumen sobre las próximas reuniones que sobre Radiaciones no Ionizantes se van a celebrar: Nimes (Francia), sobre Medicina Laboral, una sobre Efectos de las radiofrecuencias intermedias en París y en Madrid por la CE sobre efectos biológicos de los campos transitorios, protocolos experimentales y protocolos epidemiológicos.

Junta Directiva S.E.P.R.

RENOVACIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA DE LA SEPR

XAVIER ORTEGA ARAMBURU

Presidente

- Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona, Doctor Ingeniero por la Université Polytechnique de Grenoble (Francia) y Dr. Ingeniero por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Es catedrático de Universidad del Área de Ingeniería Nuclear de UPC y director del Instituto de Técnicas Energéticas (INTE) de dicha Universidad.
- Ha colaborado en la creación de los Laboratorios de:
 - Análisis de Radiactividad (LARA)
 - Dosimetría y calibración
 - Control Radiológico Ambiental
 - Estudios del Radón
- Director del Curso de Capacitación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas del INTE.
- Responsable del Programa de Doctorado de Ingeniería



Nuclear.

- Ha sido responsable científico de diversos congresos nacionales e internacionales.
- Dirige diversos proyectos de investigación subvencionados por CICYT, FIS y Comunidades Europeas y CSN en el campo de la optimización del control radiológico ambiental, dosimetría clínica, dosimetría electrónica y estudios del radón.
- Ha publicado la obra en dos volúmenes "Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos" y es autor de más de 20 comunicaciones científicas en revistas nacionales e internacionales.
- Pertenece a la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), a la Sociedad Nuclear Española (SNE) y a la Société Française de Radioprotection (SFRP).
- Es presidente de la SEPR desde junio de 1998.

IGNACIO HERNANDO GONZÁLEZ**Vicepresidente**

- Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Valladolid (1971). Inicia su actividad profesional en la empresa de ingeniería SENER, donde, hasta 1978, participa en proyectos de centrales nucleares, específicamente en el diseño de blindajes y de sistemas de vigilancia y tratamiento de residuos radiactivos.
- En 1978 se incorpora al Hospital Río Hortega, desarrollando desde entonces su trabajo en campos diversos de la física médica, la dosimetría de radiaciones ionizantes y la radioprotección. En 1982 obtiene del CSN la acreditación como Jefe de Servicio de Protección Radiológica. Desde 1990, y hasta el momento presente, es responsable de un Servicio de Protección Radiológica, creado por el INSALUD para dar cobertura a sus instalaciones radiactivas en seis provincias de Castilla y León.



- La mayor parte de su actividad profesional reciente se ha desarrollado en las áreas de la radiofísica y de la protección radiológica en instalaciones médicas. Ha publicado trabajos y comunicaciones en estas áreas y ha participado en proyectos de ámbito nacional, entre ellos, la preparación del Manual General de Protección Radiológica del INSALUD y el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, editado por la SEFM y la SEPR. Ha desarrollado también una extensa actividad docente en las áreas mencionadas. En la actualidad es profesor asociado de Radiología y Física Médica de la Facultad de Medicina de Valladolid.
- Es miembro de la Sociedad Española de Protección Radiológica desde su primera época.

M.^a LUISA ESPAÑA**Secretaria General**

- Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, inicia su carrera profesional en el campo de la Física Médica, en el Servicio de Medicina Nuclear de la Clínica Puerta de Hierro, donde realiza su tesina. Tras un tiempo de dedicación a la docencia, vuelve al campo de la Física Médica y Protección Radiológica, como adjunto del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario Puerta de Hierro, pasando posteriormente al Servicio de Protección Radiológica del Hospital Universitario de la



- Princesa, donde en la actualidad es Jefe de Sección.
- Su trabajo se ha desarrollado principalmente en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear, realizando diversos trabajos y comunicaciones. Ha colaborado como docente en cursos de formación dirigidos a profesionales expuestos a radiaciones ionizantes, organizados por instituciones nacionales e internacionales.
- Ha pertenecido al Comité de Redacción de la revista Radiología, y en la actualidad es coordinadora del Comité de Redacción de la revista RADIOPROTECCIÓN.



ANTONIO DELGADO MARTÍNEZ

Vocal

- Doctor en Ciencias Físicas (Nov. 1972). Actualmente es Jefe del Proyecto de Dosimetría de Radiaciones del CIEMAT. Tiene experiencia profesional en Física Atómica, Física del Estado Sólido, Metrología y Dosimetría de Radiaciones.
- Investigador principal en proyectos de investigación en áreas de la Física y la Dosimetría de las Radiaciones, financiados por UE (3), NATO (1), CSN (3), ENRESA (2), CICYT (1), FISSS (1).
- Autor o coautor de más de setenta publicaciones en revistas científicas de difusión internacional, tres de ellos invitados (Physical Review, Journal of Applied Physics, Journal of Physics C y D, Physics in Medicine and Biology, Health Physics, Radiation Measurements and Radiation Protection



Dosimetry, entre otras).

- Miembro de los Comités Científicos Editoriales de Radiation Measurements and Radiation Protection Dosimetry. Coordinador del Comité Científico de RADIOPROTECCIÓN entre los años 1994 y 1996.
- Presidente de la 12 Internacional Conference on Solid State Dosimetry. Miembro de los comités científicos, así como conferenciante invitado de varias conferencias internacionales. Profesor invitado de varios cursos de formación organizados por la UE y NATO en temas de Metrología y Dosimetría de Radiaciones.
- Miembro de varios comités de expertos de la UE en asuntos relacionados con procedimientos de control de calidad y fiabilidad dosimétrica personal y en radiodiagnóstico.

M.^a JESÚS MUÑOZ GONZÁLEZ

Vocal

- Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid. En 1980 ingresó en la Junta de Energía Nuclear, pasando posteriormente a formar parte del Cuerpo Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear. En este Organismo ha sido responsable de la Unidad de Instalaciones Radiactivas Industriales, Transportes y Homologación en la Subdirección de Instalaciones Radiactivas y Ciclo del Combustible. En 1991 pasó a la Subdirección de Protección Radiológica como Jefe de la Unidad de Dosimetría. Desde 1996 ocupa el puesto de Jefe del Área de Normas e Investigación y Desarrollo en Protección Radiológica.
- Ha participado en diversos grupos de trabajo internacionales y nacionales para la elaboración de recomenda-



ciones y desarrollo de normativa en materia de Transporte de Material Radiactivo y Protección Radiológica.

- Posee experiencia docente en cursos de formación para personal de operación de instalaciones radiactivas, responsables de protección radiológica e inspectores de las Comunidades Autónomas y ha presentado ponencias en foros nacionales e internacionales.
- En la actualidad forma parte del grupo de trabajo de Ciencia y Tecnología en materia de Protección Radiológica de NEA/OCDE y participa en las reuniones de Comité Asesor sobre normas de seguridad radiológica del OIEA.
- Es socia de la Sociedad Española de Protección Radiológica desde su fundación.

JUAN MANUEL CAMPAYO ESTEBAN**Vocal**

- Licenciado en Ciencias Químicas. Inicia su actividad profesional en protección radiológica en 1986, en el laboratorio de radiactividad ambiental de la Universidad Politécnica de Valencia.
- En 1989 se incorpora a la empresa LAINSA, siendo Jefe del Servicio de Protección Radiológica de esta empresa desde su creación, en 1990.
- Dirige, así mismo, el Servicio de Dosimetría personal externo de LAINSA, desde su creación en 1993.

CRÓNICA DEL VII CONGRESO DE LA SEPR Barcelona, 27-29 de mayo de 1998

El análisis sosegado de los diversos aspectos que concurrieron en el desarrollo del VII Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica, celebrado en Barcelona del 27 al 29 de mayo de 1998, requerirá necesariamente mayor tiempo de maduración. Dicho ejercicio deberá llevarse

a cabo más adelante para extraer aquellas experiencias que puedan contribuir positivamente al desarrollo de la Sociedad.

A modo de avance y pese al riesgo de cometer algunos errores de bulto, olvidos o hasta de parcialidades inadvertidas, nos atrevemos a trazar algunas pinceladas sobre el desarrollo del Congreso de Bar-



celona, desde la perspectiva de su propia organización.

La primera característica que cabe señalar es la de que fue **diferente** de los anteriores. La diferenciación no tiene más virtud que la de ser una característica propia de cada Congreso de la SEPR y que viene condicionada por el lugar, la organización, y diversos elementos inter-

nos y externos del momento.

Un elemento diferenciador fue el de la **participación** de colegas de **otros países**. En efecto, al carácter regional europeo (IV Congreso de Protección de Países Europeos del Mediterráneo Occidental, con la presencia de las Sociedades Francesa e Ita-

liana), se unía la circunstancia de coincidir el Congreso con la Reunión Anual del Comité Ejecutivo del IRPA.

Esta presencia exterior propició el que por primera vez en una Reunión de la SEPR se decidiera utilizar oficialmente tres idiomas (español, francés e italiano) y la inclusión no oficializada del inglés y del catalán. La ayuda de la Unión Europea



permitió, gracias a la financiación de la traducción simultánea, superar con éxito dicho reto. La presencia francesa e italiana pudo hacerse bien patente a través de las comunicaciones presentadas (26) de un conjunto de 140, la participación en la organización de las sesiones y la asistencia al Congreso (70 congresistas).

La presencia del Comité Ejecutivo del IRPA se patentizó principalmente a través de la conferencia inaugural de su Presidente, K.E. Duftschmid y la presidencia de una de sus sesiones por parte del Secretario Ejecutivo, C. Huyskens. Para los congresistas se exteriorizó, de manera anecdótica, a través de la "aventura" que sufrió la representación de dicho organismo, junto con la española, tras su periplo por Madrid, llevado a cabo en el marco de las actividades de promoción de la candidatura de España para IRPA-11. En efecto, la huelga en los aeropuertos retrasó de tal manera su retorno que en la cena de gala se instaló un "suspenso" sobre su suerte, que se desvaneció felizmente con la esperada aparición del grupo de viajeros, pasada la medianoche.

Respecto al **tema monográfico** que se había escogido para el Congreso, la **dosimetría**, y a la vista de las ponencias presentadas (115), puede considerarse que recogía suficientes aspectos diversificadores como para cubrir 6 sesiones diferentes, acogiendo el Con-



greso además otros aspectos de protección radiológica (25) que fueron presentados en una sesión específica. En futuras ediciones congresuales deberá analizarse esta fórmula que consiste en seleccionar un tema central, suficientemente amplio, sin renunciar a la presentación de otros trabajos de los socios.

Otro elemento singular del Congreso fue el **marco del Palacio de Congresos y Exposiciones** de Barcelona que si bien costoso, por las características de sus instalaciones, benefició el buen desarrollo de las diferentes actividades gracias a la calidad de sus servicios. Posiblemente la sala de sesiones plenarias era demasiado grande para el número de asistentes, pero en cambio el amplio escenario y los medios audiovisuales, de gran calidad, permitieron dar a las sesiones plenarias un realce especial. La Sala de Pósters reunía condiciones inmejorables y los espacios para la exposición técnica fueron, a juicio de los expositores, muy adecuados. No tan positivas fueron las colas que los congresistas tuvieron que sufrir en los almuerzos, en versión auto-servicio, cele-

bradas en el mismo Palacio de Congresos. Este último aspecto, si bien no puede considerarse positivo, tuvo al menos el interés de comprobar que este tipo de comidas de trabajo, aunque mejor organizadas, pueden ser las más adecuadas para el desarrollo de otros congresos.

Sobre el formato, o **estructura del Congreso**,

no puede decirse que hubieran novedades especiales. En este sentido puede afirmarse que se consolidó la estructura puesta en práctica en el Congreso de Córdoba basada en el desarrollo de sesiones plenarias y sesiones científicas paralelas. Junto a las tradicionales sesiones inaugural y de clausura se presentaron dos plenarias dedicadas a "Incertidumbres en dosimetría" y una mesa redonda referida a la dosimetría de los trabajadores.

En relación a las sesiones formales de inauguración y de clausura cabe resaltar en primer lugar la presencia positiva de las autoridades autonómicas a cargo del Conseller de Sanidad en la inaugural y la del Conseller de Indústria, Comercio y Turismo en la de clausura. Este, en su intervención, supo sortear con gran desenvoltura los inconvenientes derivados de las ausencias de alguna personalidad que había comprometido su presencia pero que dificultades de última hora, en particular la huelga antes referida, habían imposibilitado su presencia.

Las Conferencias inaugural y final a cargo, respectivamente, del Presidente del IRPA y de Antonio Delgado presentaron perspectivas distintas de la dosimetría. Así, si los elementos históricos fueron los que centraron la atención del primer conferenciante, A. Delgado se ocupó de los aspectos innovadores y de futuro de la dosimetría.

La sesión plenaria dedicada a las incertidumbres en dosimetría, permitió la presentación de interesantes aportaciones aplicadas a campos diversos que respondieron a las expectativas de esta sesión. La mesa redonda sobre dosimetría de los trabajadores fue de carácter expositivo sobre diversas maneras de abordar dicho tema desde distintos colectivos y horizontes geográficos. Tal vez faltó algo más de "hilo conductor" de manera a poder confrontar aspectos comunes, desde ópticas distintas.

Las **sesiones científicas** fueron en general bien ordenadas por presidentes y coordinadores y con alguna excepción muy rigurosas en cuanto a horarios y ritmo de las intervenciones. La fórmula mixta de presentaciones orales y de ponencias en forma de poster resumidas por un relator, si bien tiene inconvenientes, se ajusta bien a la estructura del Congreso y permite desarrollar dos sesiones en paralelo que es un buen camino para asegurar la presencia de los congresistas en las sesiones según sus intereses particulares. En esta ocasión, faltó una vez más algo de tiempo para las intervenciones de los asistentes y el diálogo con los ponentes, aunque no impidió que en

algunas sesiones las discusiones fueran particularmente vivas. Cabe destacar especialmente la magnífica labor realizada por los relatores que supieron sintetizar y explicar de manera muy adecuada las ponencias que se les habían confiado. Es pues un punto importante a cuidar en futuras ediciones la selección de las personas más adecuadas para llevar a cabo dicha misión.

Con respecto a la **Exposición Técnica** puede afirmarse que el Congreso acogió de manera destacada la presencia de expositores que además de enriquecer el contenido de las sesiones científicas con sus aportaciones tecnológicas más novedosas contribuye de manera importante a la financiación del Congreso. Esta tónica de buena sintonía con las firmas comerciales, implicadas en el campo de la protección radiológica, puede apreciarse asimismo en la publicidad del número extraordinario de la revista **RADIOPROTECCIÓN** y debe servir de pauta para crear relaciones más estables de colaboración con la Sociedad.

En referencia al número de **asistentes al Congreso** puede cifrarse en 325, de los cuales 75 eran extranjeros (50 franceses, 20 italianos y 5 de otras nacionalidades). De los 250 congresistas españoles 180 eran socios de la SEPR. Si bien esta cantidad es aparentemente escasa, si se compara a los 520 socios, no se dispone de datos comparativos con respecto a anteriores Congresos. Deberían analizarse, para futuros eventos, dichos antecedentes así como la incidencia del precio, temática del Congreso, fechas, etc. de

manera a mejorar la planificación. En este sentido la Organización del Congreso de Barcelona tuvo grandes incógnitas sobre el número final de asistentes al mismo creando grandes incertidumbres sobre el balance económico que no pudieron despejarse hasta el último día.

En referencia a las exigencias sobre los plazos y la forma de **presentación de los trabajos**, para su publicación en un número extraordinario de la revista **RADIOPROTECCIÓN** y la manera de ser expuestos en el Congreso, en forma oral o de póster, el Congreso de Barcelona, permitió su presentación en las tres lenguas oficiales y obligó a redactar a sus autores un resumen en inglés de manera a servir de idioma vehicular. Esta novedad impuso mayores esfuerzos para todos, que tuvieron que adaptarse a mayores exigencias en los plazos de tiempo previstos.

Sobre el **balance económico del Congreso** cabe señalar, en una estimación provisional, que los gastos generales fueron de 34 millones de pesetas y los ingresos de 34,5 millones de pesetas. La participación de las diversas fuentes de ingresos puede resumirse en:

Aportaciones de los congresistas	44 %
Ayudas institucionales, empresas	27%
Expositores	15%
Publicidad contratada	7%
Aportaciones U.E. (traducción)	7%

Hay que señalar que el resultado positivo obtenido "in extremis" fue el resultado de ajustes en diversas partidas del



gasto programado, del trabajo realizado para la recaudación de fondos y del rigor aplicado al control de las diversas partidas. Esa gestión ha permitido hacer frente, sin traumas para la tesorería de la SEPR, al Congreso de la SEPR de mayor coste económico.

En relación a los **actos sociales** cabe indicar que la recepción de la Generalitat fue austera pero correcta, en la que cabe destacar la deferencia mostrada por el Conseller de Sanitat que dio la bienvenida a los congresistas. La recepción con la Fundación Miró respondió al interés cultural que había despertado, aunque tuvo algunas limitaciones debidas a la lluvia, los limitados espacios abiertos aptos para la recepción y la calidad discreta del aperitivo servido. La **cena de gala** en el Aquarium en cambio respondió ampliamente a las expectativas que había des-

pertado. Aunque el precio de la cena era elevado, la entrada espectacular al Aquarium, puesto a disposición de los Congresistas y la calidad de la cena compensaron, a nuestro entender, el esfuerzo económico realizado. No pueden decir lo mismo nuestra delegación en el "periplo madrileño", encabezada por el presidente de la Sociedad, que por las consecuencias de las perturbaciones en el tráfico aéreo llegaron lamentablemente tarde a la cita, como ya se ha indicado anteriormente, constituyendo la única sombra a aquella inolvidable cena. La música de las habaneras amenizó durante algún tiempo la atmósfera marinera en la cual se desarrolló el acto y que brindó un aire festivo y a la vez nostálgico a la noche.

Otra novedad a señalar en el Congreso fue la celebración, por primera vez, de un **curso de refresco** a cargo de A. Bro-

sed. El éxito pregonado por el gran número de asistentes fue unánime.

Unas consideraciones finales respecto al desarrollo de la **Asamblea General**. Como siempre la concurrencia fue discreta, pudiéndose destacar el relevo estatutario de la Junta Directiva, la rendición de cuentas de la Junta saliente y la aprobación de la sede del próximo Congreso de la SEPR a celebrar en el año 2000 en la Isla de Gran Canaria.

Seguramente hay más elementos que considerar en un Congreso, que si bien duró apenas tres días, fue el fruto de dos años de intenso trabajo. Animamos a que aparezcan nuevas ideas respecto a aquel evento que es parte ya de nuestra historia colectiva.

Xavier Ortega

RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

El pasado mes de marzo se envió a los socios de la SEPR una encuesta sobre la revista RADIOPROTECCIÓN con objeto de conocer su opinión y sugerencias para conseguir una mejor calidad de la publicación. A continuación, reproducimos los resultados de dicha encuesta, que fueron presentados en la Asamblea General de la SEPR, celebrada en Barcelona.

REVISTA RADIOPROTECCIÓN	72	13,8%
--------------------------------	----	-------

¿Cuál es tu opinión acerca de la revista?	Muy buena	8	11,1%	
	Buena	52	72,2%	
	Aceptable	9	12,5%	
	Necesario mejorarla	3	4,2%	
	TOTAL	72	100,0%	

¿Habría que aumentar los números anuales? ¿Sería de interés dedicar algunos números a temas monográficos?	3 anuales (2 libres, 1 monográfico)	15	21,7%	
	4 anuales (3 libres, 1 monográfico)	34	49,3%	
	Como hasta ahora	20	29,0%	
	TOTAL	69	100,0%	

¿Considerarías positivo aumentar significativamente el número de fotografías y el color en la revista, aunque fuera a costa de reducir la calidad del papel y el número de páginas?	Sí	12	16,7%	
	No	35	48,6%	
	Sí, sin modificar otras cosas	25	34,7%	
	TOTAL	72	100,0%	



¿Consideras que el contenido de la revista es el adecuado?	Sí	63	90,0%	
	No	7	10,0%	
	TOTAL	70	100,0%	

¿Incluirías más artículos científicos por número?	Sí	40	56,3%	
	No	31	43,7%	
	TOTAL	71	100,0%	

¿Estarías dispuesto a colaborar con el Comité de Redacción?	Sí	37	54,4%	
	No	31	45,6%	
	TOTAL	68	100,0%	

¿Estás de acuerdo con el orden actual del índice de la revista?	Sí	51	78,5%	
	No	14	21,5%	
	TOTAL	65	100,0%	

NORMAS BÁSICAS DE ACEPTACIÓN PARA LA ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS DE LA S.E.P.R.

Podrá ser promovido por un grupo de socios mediante solicitud a la Junta Directiva de la S.E.P.R., con una antelación de al menos 2 meses a la celebración de la Asamblea General que se celebra simultáneamente dentro de cada Congreso.

– A dicha solicitud deberá acompañar nombres y breve "currículum" (no mayor de un folio) del Presidente del Comité Organizador y Presidente del Comité Científico.

– Igualmente deberá concertar con la

Junta Directiva los siguientes aspectos económicos:

- Ayudas de instituciones.
- Importe de inscripciones en sus distintas modalidades.

– Una vez concretados estos extremos, se presentará a la Junta Directiva un presupuesto inicial con los resultados económicos previstos.

– El Comité Organizador deberá concertar entre sus miembros con uno del Comité Organizador del Congreso anterior al que se solicita.

Todas las solicitudes presentadas, con informe previo de la Junta Directiva, serán sometidas a la Asamblea General que se celebra dentro de cada Congreso, para su aceptación.

Una vez aceptada por la Asamblea, el Presidente del Comité Organizador de la candidatura aceptada pasa a ser Vicepresidente de Congresos dentro de la Junta Directiva de la S.E.P.R., según determinan los Estatutos de la Sociedad, cuyo mandato se extiende hasta el siguiente Congreso.

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

JORNADA SOBRE APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA SOBRE EXPOSICIONES MÉDICAS (MED) 97/43/EURATOM

La Jornada, organizada por la Comisión Europea (CE), en colaboración con el Ministerio de Sanidad y Consumo y la Sociedad Española de Protección Radiológica, tenía como objetivo discutir acerca de las aplicaciones prácticas de la MED en la legislación nacional. Presidida



por el Dr. Romay Beccaria, Ministro de Sanidad y Consumo, reunió a 371 participantes de 30 países, entre los que se encontraba el Sr. Kindelán, Presidente del CSN, autoridades de los Estados miembros, representantes de las Asociaciones Europeas de Radiólogos, de especialistas en Medicina Nuclear,



Físicos de Hospitales, Sociedad Europea de Técnicos en Radiología, directores de hospitales y de industrias.

Presentó la Directiva el representante de la Comisión Europea, Sr. Teunen, quien recalcó el hecho de que, sin comprometer el riesgo del sistema actual de protección radiológica, la Directiva refuerza considerablemente las disposiciones, en particular en aquellas aplicaciones en las que el riesgo o las dosis son altos, y no hay un beneficio directo para la salud de los individuos expuestos. Asimismo ofreció la asistencia de la Comisión Europea a los Estados miembros para implementar la Directiva de una forma coherente antes del 13 de mayo del año 2000.

La Sra. Zuur, en su intervención, presentó una guía técnica para la protección de la familia y personas cercanas a pacientes tratados con I-131, preparada por el grupo de expertos del artículo 31. Se refirió a la necesidad de que los Estados miembros establezcan dosis restringidas para este grupo de individuos, ya que los límites de dosis no son aplicables, y a la necesidad de que se respeten particularmente en el caso de niños. Estas dosis restringidas deben establecerse en función del riesgo estimado para la familia y personas cercanas, y como una fracción del límite de dosis para terceras personas no relacionadas con el paciente.

El Sr. Leitz presentó la guía técnica para la protección del no nacido, en la que se discute la limitación de la exposi-

ción del no nacido, en cuanto su mayor sensibilidad a la radiación en comparación con los adultos, y a garantizar la dosis y el riesgo para el no nacido, cuando es necesaria la exposición parental. Hizo hincapié en que es necesario que el prescriptor, los radiólogos y el resto del personal pregunten a la mujer en edad de procrear si está embarazada. Si hay duda se debería realizar el test del embarazo de forma rutinaria. Generalmente no se recomienda la interrupción del embarazo en procedimientos diagnósticos, aun cuando se haya expuesto el abdomen, pero se debe considerar si la dosis para el no nacido podría tener como consecuencia efectos deterministas severos o una alta probabilidad de detrimento por efectos estocásticos en algunos procedimientos de radioterapia.

El Sr. Zoetelief discutió los criterios para la aceptabilidad de instalaciones radiológicas y los programas de garantía de calidad. Estableció que el primer paso para un programa de garantía de calidad es el desarrollo de unos criterios mínimos para la aceptabilidad con un número restringido de criterios. Los criterios se pueden establecer en intervención y suspensión. Generalmente, los programas de control de calidad y de garantía de calidad están mejor aplicados en Medicina Nuclear y radioterapia que en radiodiagnóstico, por lo que se deben concretar los esfuerzos en este último caso.

El Sr. Crawley analizó cómo la MED trata los aspectos éticos en protección radiológica en la investigación médica y

biomédica. Para él se deben respetar cuatro principios éticos: respeto a las personas, beneficencia, no maledicencia y justicia. Es prioritario dar un consentimiento informado y que no haya relación de dependencia entre el médico y el individuo. Estaba de acuerdo con el requerimiento de consultar a un comité de ética, pero resaltó la necesidad de definir claramente la responsabilidad de este comité y de que exista un registro de sus actividades.

El Sr. Binchy dirigió el tema de la justificación de las exposiciones médicas, tal y como requiere la MED, desde un punto de vista jurídico. Discutió los aspectos médico-legales, y para él, la Directiva no orienta a la persona que toma la decisión en cómo llegar a la justificación de la exposición, sólo exige una solemnidad particular de la persona que toma la decisión cuando justifique la exposición. No se hace referencia en la MED al concepto de dignidad humana, autonomía e integridad física; estableció que la justificación de una exposición puede variar dependiendo del tipo de ley que se aplique. El código penal tiene sus propias razones para obtener evidencias por medio de exposiciones médicas, mientras que el Código Civil puede diferir totalmente.

El Sr. Vañó trató el tema de los programas de formación en protección radiológica. Dio una recomendación formal acerca de los contenidos y número de horas del programa de formación, que deben establecerse en función de los objetivos educacionales

específicos. La disponibilidad de un buen material de formación, ejercicios prácticos y profesorado cuidadosamente seleccionado condicionarán el éxito final. Así mismo insistió en la necesidad de establecer un sistema de acreditación a nivel regional o nacional. En relación al tiempo de formación post acreditación, para algunos profesionales como radioterapeutas o radiofísicos debe ser mayor que para otros. En las facultades de medicina y odontología se recomienda un curso de protección radiológica de 15 a 30h. Finalmente, abogó por una formación específica para los profesionales que realizan radiología intervencionista.

El Sr. Ortiz presentó sus opiniones acerca de las exposiciones potenciales y la prevención de accidentes en aplicaciones médicas, en particular en radioterapia y medicina nuclear. Abogó por una cultura de seguridad que se establezca no sólo para los radiólogos, sino también para los técnicos, ingenieros de mantenimiento y radiofísicos. Esto se puede lograr con un programa de formación específico para detectar y tratar de una forma efectiva sucesos inusuales que pueden dar lugar a un accidente. Por tanto, se debe implantar un programa de garantía de calidad para prevenir accidentes potenciales y sus consecuencias. Debería existir una precondición para la autorización que incluiría auditorías externas para detectar una degradación incipiente de la

seguridad antes de que ocurra un accidente.

El Sr. Wall trató las dosis de referencia en radiodiagnóstico. Insistió en que estos valores de referencia deberían medirse en magnitudes que sean fácilmente manejables, y marcarían el límite entre la buena y mala práctica. No hay niveles óptimos. Muchos de ellos están basados en la dosis en superficie o en dosis área con valores tomados de estudios nacionales o europeos. En relación a la medicina nuclear, en su opinión, se puede aplicar el criterio del tercer percentil, igual que en radiodiagnóstico, para los niveles de actividad administrada para una buena imagen.

El Sr. Schneider habló acerca de las exposiciones pediátricas, recalando la mayor sensibilidad a las radiaciones ionizantes en los niños que en los adultos. Cuando los departamentos de radiodiagnóstico no estén debidamente equipados, no deberían tener pacientes pediátricos. Para examinar este aspecto, se deberían utilizar maniqués pediátricos. En el caso de fluoroscopia pediátrica, la escopia digital combinada con la escopia pulsada pueden reducir la dosis al paciente de una forma dramática. En cuanto a la dosimetría, son preferibles los medidores del producto dosis-área, ya que no se necesita una aplicación directa del dosímetro sobre el paciente. Finalmente abogó por una formación específica para todo el personal que desarrolla su profesión en

radiología pediátrica. Esta formación incluiría el estudio de la anatomía específica para cada grupo de edad, de los colimadores para el área de interés y de la correcta selección de la técnica radiográfica y de las medidas específicas de protección radiológica.

Al final de las presentaciones se discutieron un gran número de preguntas recibidas antes de la Jornada, mientras que la discusión final estuvo focalizada en temas como la protección del no nacido, justificación de las exposiciones, formación y responsabilidades de los profesionales involucrados, así como el papel del prescriptor. Intervinieron representantes de Estados candidatos a Estados miembros, quienes agradecieron esta iniciativa de la Comisión Europea, y pidieron un esfuerzo continuo en este aspecto.

Como conclusión cabe destacar la buena organización de la Jornada por parte de los organizadores locales, y la labor realizada por los dos presidentes de mesa. Los diez temas claves fueron presentados por los respectivos expertos de una forma clara, con una discusión final que dio como resultado una serie de interesantes sugerencias que servirán de ayuda tanto a la Comisión Europea como a las autoridades nacionales. La CE tiene intención de publicar las intervenciones realizadas en esta Jornada, y considera que ha sido un importante estímulo para continuar mejorando la protección radiológica en las aplicaciones médicas.



EL PRESIDENTE DE LA IRPA, EN MADRID

El pasado 28 de mayo, aprovechando la reunión de la Junta Directiva de la IRPA en Barcelona, se trasladaron a Madrid Klaus E. Duftschmid, Presidente de la IRPA, y Jacques Lochard, encargado de Congresos IRPA y futuro Secretario General, acompañados por Eduardo Sollet, Presidente saliente de la SEPR, y Leopoldo Arranz, Presidente del Comité Organizador de la Candidatura IRPA 11.

El grupo fue recibido por D. Juan Manuel Kindelán, Presidente del CSN; D. Aníbal Martín, Vicepresidente del CSN, Dña. Carmen Martínez Ten, Jefe del Gabinete de Presidencia, y D. José Luis Butragueño, Subdirector General de Protección Radiológica. El Sr. Kindelán manifestó su interés y apoyo institucional del CSN de la candidatura de la SEPR para organizar el Congreso Mundial de Protección Radiológica en el año 2004.

Posteriormente, el grupo fue recibido por D. Simón Viñals, Concejal Delegado de Sanidad y Consumo del Ayuntamiento de Madrid, en nombre del Alcalde, para manifestar también el apoyo de la ciudad de Madrid a esta iniciativa de la SEPR.



Se aprovechó esta visita para dar un paseo a pie por el Madrid de los Austrias y asistir a una comida típica en un famoso restaurante madrileño, ofrecida por el Ayuntamiento y acompañados por Dña. Covadonga Quijano, Directora General del Patronato Municipal de Turismo, y Dña. Marta Macías.

Después de la comida se visitaron las dependencias del Palacio de Exposiciones y Congresos de Madrid, en las que el Director aprovechó para ponerse a disposición de dicha candidatura.

El Prof. Duftschmid y el Dr. Lochard quedaron impresionados por la amable acogida de todas las personalidades que les recibieron y por las instalaciones disponibles para organizar el IRPA 11. Tras un viaje complicado por la huelga de los controladores aéreos, el grupo se incorporó a última hora del día al final de la cena de clausura del Congreso de Barcelona, con un sonoro y cordial recibimiento de todos los asistentes.

Leopoldo Arranz

REUNIÓN DEL INSTITUTE OF PHYSICS & ENGINEERING IN MEDICINE (IPEM) EN EL ROYAL MARSDEN HOSPITAL, LONDRES, 26 FEBRERO DE 1998: RECOMMENDED STANDARDS FOR X-RAY QA: THE WAY FORWARD MEETING

El IPEM del Reino Unido, en asociación con el "College of Radiographers" y el "National Radiological Protection Board", publicó en 1997 el documento Report No. 77 "Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems". El mencionado documento surge en el Reino Unido como respuesta a la nueva directiva europea 97/43/Euratom "Exposiciones médicas" y supone una guía de parámetros técnicos de control de calidad en Radiodiagnóstico. El documento está estructurado en forma de tablas y fichas, incluyendo: código de referencia y nombre del parámetro de medida, nivel de experiencia requerido para realizar el control (nivel A: personal de los departamentos de Radiología o Técnicos de radiodiagnóstico y nivel B, personal externo, normalmente, expertos en Física Médica), frecuencia y prioridad del control (esencial y deseable), tolerancias, expresadas como nivel de intervención y nivel de suspensión, breve descripción del método sugerido para realizar el control, referencias y

comentarios. Los parámetros están desarrollados principalmente para pruebas de constancia en los siguientes capítulos: equipo radiográfico, película, pantalla de refuerzo, cuarto oscuro, procesadoras, mamógrafos, equipos dentales, intensificadores de imagen, fluoroscopia y fluorografía, sistemas digitales, tomografía computarizada y medidas de dosis a pacientes.

El IPEM, tras cumplirse el año de publicación del documento, promovió en febrero de 1998 una sesión monográfica para la discusión de sus distintas implicaciones. En la sesión a la cual asistieron más de cien personas, principalmente Físicos de Hospital de distintos centros británicos, se presentó así mismo el "Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico: Aspectos Técnicos". La ponencia fue impartida por E. Guibelalde, como secretario del comité de redacción, y en nombre de la SEFM y de la SEPR, y en ella se destacó la experiencia española en la aplicación de un documento de características muy simi-

lares al IPEM 77. Mr. M. Fitzgerald, *chairman* de dicho comité de redacción, agradeció públicamente la presencia española mencionando el hecho de que la estructura del IPEM 77 estaba basada en el documento español.

Algunos aspectos allí tratados pueden servir de puntos de discusión para la futura revisión del protocolo español de control de calidad: grado de utilización del documento en los distintos hospitales británicos (detallando cuáles son los parámetros medidos y sus repercusiones), transcripción de los límites de suspensión a su legislación nacional, implicaciones económicas de la puesta en marcha del documento, desarrollo de programas informáticos para la automatización del programa de control, etc.).

Información más detallada puede obtenerse del servidor web del IPEM:

www.ipem.org.uk

Eduardo Guibelalde

PÁGINA WEB DE LA S.E.P.R.: www.sepr.org

La Sociedad Española de Protección Radiológica dispone ya de su página Web en Internet (www.sepr.org). Las secciones que contiene son:

Sociedad Española de Protección Radiológica, Secretaría Técnica de la SEPR, IRPA 11, Noticias y Actividades, Webs de interés.

REUNIÓN DE LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP)

Madrid, 15-19 de junio de 1998



Por primera vez en su historia un Comité estable de la ICRP se reúne en España convocando a destacados científicos de los cuatro continentes y a observadores de las más importantes organizaciones internacionales. Como broche de oro del acontecimiento y organizado conjuntamente por la SEPR y CIEMAT, se realizó un seminario público en el cual se dieron a conocer como primicia los temas que se están desarrollando y su grado de alcance.

El Comité 4 de la ICRP está encargado de proporcionar asesoramiento y realizar desarrollos para las aplicaciones prácticas del sistema de protección radiológica. Asimismo es el interlocutor y punto de contacto con las organizaciones internacionales relacionadas con la protección radiológica, así como con las sociedades profesionales y autoridades reguladoras de los países.

La reunión del Comité ha sido organizada en el CIEMAT actuando como anfitrión el miembro español del Comité D. David Cancio.

El Comité está presidido por B. Winkler, del Consejo de Seguridad Nuclear de Sudáfrica y en esta oportunidad además de sus miembros asistió el Secretario de la Comisión Prin-

cipal de la ICRP, J. Valentin (Suecia) y representantes de las Direcciones Generales XI y XII de la Unión Europea (V. Ciani y J. Sinnaeve) y T. Lazo de la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE.

Durante las sesiones el Comité ha discutido, analizado y dado instrucciones a sus actuales Grupos de Trabajo (Task Groups) y Agrupaciones de Trabajo (Working Parties) según se resume a continuación.

PROTECCIÓN DEL PÚBLICO EN SITUACIONES DE EXPOSICIÓN CRÓNICA

Este Grupo de Trabajo lo preside A. González (OIEA) quien presentó el grado actual de desarrollo y aspectos que requieren todavía acciones adicionales.

El tema incluye el análisis y las recomendaciones sobre los criterios de protección complementarios para la recuperación de áreas afectadas por contaminación residual, como resultado de antiguas prácticas o de situaciones accidentales, así como por un elevado nivel de radiación natural. La característica fundamental es que la contaminación persiste durante largos periodos de tiempo sin que exista

ninguna acción humana que la mantenga. El Grupo de Trabajo ha identificado esas situaciones básicamente debidas a altos niveles de radiación natural, a la retirada de contramedidas tras una intervención o la utilización de zonas con materiales radiactivos residuales.

El objetivo principal del trabajo es el desarrollo de los aspectos que requieren asesoramiento sobre la aplicación de los principios de protección. Es un hecho que existe un menor grado de desarrollo en las recomendaciones sobre las situaciones que pueden ser calificadas como de retorno a la normalidad. Como es conocido existen en varios países y regiones zonas con radiación incrementada, debida a diversos motivos.

Las conclusiones principales, todavía no aprobadas, apuntan a dar guías cuantitativas sobre las dosis totales (incluyendo al fondo natural) que podrían considerarse. Las mismas podrían incluir un nivel inferior del orden de 10 mSv por año por debajo del cual no habría necesidad de tomar acciones y un nivel superior de varias decenas de mSv a partir del cual sería necesario una intervención en todos los casos.

PROTECCIÓN DEL PÚBLICO EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS DE LARGA VIDA

Este grupo de trabajo, presidido por A. Sugier (Francia), presentó al Comité una nueva versión del documento en desarrollo.

El mismo puede verse como un complemento de la Publicación 46 de la ICRP y tiene como marco de referencia la Publicación 60 y la reciente Publicación 77 en lo que se refiere específicamente a la opción de "concentrar y retener" los residuos radiactivos de larga vida. En estos casos la protección debe aplicarse en el estadio de desarrollo de repositorios de residuos y no debe depender de medidas a tomar en el futuro, aunque debe admitirse un cierto grado de flexibilidad.

Los problemas abordados en el documento apuntan a clarificar los conceptos que deben aplicarse para el largo plazo donde el sistema de protección no puede aplicarse en un sentido estricto de limitación de dosis o riesgo como se utiliza para otro tipo de instalaciones de las prácticas habituales. En especial se introducen guías para la consideración de las situaciones potenciales futuras a través de los principios

técnicos y de gestión, la consideración de diferentes periodos de tiempo y de los grupos críticos de población.

OTROS TEMAS OBJETO DE DESARROLLO

Existen varias agrupaciones de trabajo del propio Comité cuyo grado de avance y orientación fueron también discutidos. Los mismos se refieren a la exposición de las tripulaciones de aeronaves, la optimización de la protección en las prácticas, y la necesidad de nuevos desarrollos sobre la descarga de radionucleidos al medio ambiente así como sobre los efectos en especies diferentes al hombre.

Todos estos temas técnicos formaron parte de las deliberaciones. Además, el Comité analizó otros aspectos relacionados con las futuras publicaciones, y los resultados de las discusiones en la Comisión Principal.

El Seminario que se realizó el día 19 abarcó presentaciones sobre estos temas y la formación de un panel que respondió a las preguntas del auditorio. Los asistentes al mismo incluyeron a miembros de la SEPR, CSN, UNESA, ENUSA, ENRESA, además del CIEMAT.

David Cancio



SOBREEXPOSICIÓN ACCIDENTAL DE PACIENTES DE RADIOTERAPIA EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS, SAN JOSÉ, COSTA RICA

El OIEA acaba de publicar un informe para el gobierno de Costa Rica consistente en una evaluación de la sobreexposición accidental de pacientes de radioterapia en el Hospital San Juan de Dios de San José, ocurrida en agosto y septiembre de 1996. Tras un preámbulo con información de base sobre el tema de la radioterapia y sus efectos biológicos, contextualizado en el marco de la protección radiológica, el informe suministra un resumen de cómo ocurrió el accidente, detallando sus causas y circunstancias y presentando conclusiones y recomendaciones. La evaluación se realiza tanto en los aspectos de dosis a los pacientes, mediante el análisis de los registros de tratamientos y las medidas físicas, como en los de evaluación médica de los mismos, a través de las autopsias de los que murieron.

Según el referido informe, el suceso iniciador ocurrió cuando una fuente de Co-60 para radioterapia fue reemplazada por una nueva, cometiéndose un error en la calibración de esta última al calcular la tasa de dosis, lo que supuso la exposición de 115 pacientes, que estaban siendo tratados por neoplasias, a dosis de radiación significativamente más altas de las que habían sido prescritas. El error fue detectado el 27 de septiembre de 1996, es decir, 36 días después de la sustitución de la fuente, parándose los tratamientos. El equipo de radioterapia se clausuró oficialmente el 3 de octubre de

1996. El equipo de expertos del OIEA pudo confirmar en su revisión que la tasa de exposición había superado la programada en un 50 - 60% y examinó y evaluó 70 de los 73 pacientes que quedaban vivos cuando la revisión se realizó en julio de 1997, concluyendo que, en dicha fecha:

- 4 pacientes estaban sufriendo consecuencias irreversibles.
- 16 pacientes estaban sufriendo efectos adversos severos y estarían sometidos a alto riesgo en el futuro.
- 26 pacientes mostraban efectos no severos pero estarían sometidos a algún riesgo de sufrir efectos severos en el futuro.
- 22 pacientes no tenían efectos discernibles y fueron considerados como de bajo riesgo de sufrir efectos en el futuro ya que muchos de ellos habían recibido sólo una pequeña parte de su tratamiento radioterapéutico con la nueva fuente.
- 2 pacientes, al menos, fueron subexpuestos.

De los 42 pacientes muertos, en la fecha de revisión de julio 1997, el equipo de expertos revisó datos correspondientes a 34 de ellos y aunque es preciso esperar a la información procedente de las autopsias y de la revisión de los registros clínicos, parece deducirse que:

- 3 pacientes podrían haber muerto como consecuencia directa de la sobreexposición.
- la sobreexposición fue considerada como causa contribuyente principal del fallecimiento de otros 5 pacientes.
- 20 pacientes murieron como resultado de su enfermedad y no por causa de sobreexposición.
- La información sobre otros 4 pacientes fallecidos no es concluyente o no está disponible.

Este accidente ha confirmado varias lecciones que eran ya ampliamente conocidas por accidentes previos, a la vez que ha proporcionado nuevas lecciones específicas. El equipo de expertos, a la luz de sus investigaciones sobre el accidente, hizo las siguientes recomendaciones específicas al Gobierno de Costa Rica:

- La radioterapia es necesaria y debe continuarse su práctica en Costa Rica.
- La práctica de la radioterapia debe mejorarse para evitar la inducción de daños innecesarios e inaceptables.
- Las regulaciones existentes de protección radiológica deben implantarse, reforzarse tan pronto como sea posible y mantenerse actualizadas.
- Deben desarrollarse e implantarse programas de garantía de calidad.

- Deben mejorarse la formación y el entrenamiento en radioterapia.
- Debe mejorarse el mantenimiento de registros relacionados con la práctica de la radioterapia.
- Si una auditoría externa, tal como los servicios (confidenciales) de chequeo de dosis, descubre proble-

- mas significativos y persistentes, debe buscarse otro canal de comunicación a las autoridades.
- Actualmente debe proporcionarse apoyo médico y psicológico a muchos pacientes y probablemente se necesitará también dicho apoyo en los próximos 5 años.

- Debe establecerse un registro de datos de estos pacientes.

Finalmente, el equipo de expertos recomienda que el OIEA publique el informe en cuestión en la literatura científica con el fin de ayudar a prevenir accidentes similares en el futuro en cualquier parte del mundo.

EFFECTOS PARA LA SALUD POR EXPOSICIÓN AL RADÓN BEIR VI

El pasado día 19 de febrero en Washington D.C., en conferencia de prensa, se presentó a la opinión pública un avance del informe sobre el sexto estudio del Comité de Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes (BEIR VI) que analiza los efectos a la salud por la exposición a los descendientes del Radón en el interior de viviendas. El estudio ha sido realizado con datos y estadísticas estadounidenses. A continuación se presenta un breve resumen de dicho informe.

El Radón es un gas de origen natural que se escapa de las rocas y del suelo. Proviene del uranio, presente en la tierra desde su formación, siendo su velocidad de escape muy variable, dependiendo del contenido de uranio de rocas y suelos. El Radón fluye del suelo al aire exterior y también al aire de las viviendas por el movimiento de gases en el suelo situado bajo las casas. El aire exterior contiene niveles muy bajos de Radón, pero en el interior de las viviendas puede crecer

hasta niveles altos si no hay renovación de aire. Algunas minas subterráneas, particularmente las minas de uranio, pueden contener en el aire niveles mucho mayores de Radón.

Aunque el Radón es un gas químicamente inerte y eléctricamente neutro, es radiactivo. Los átomos que se forman de la desintegración del Radón, conocidos como "descendientes del Radón" no son neutros y por tanto pueden fijarse a finas partículas de polvo del aire. Estas partículas de polvo son respirables y pueden adherirse a los tejidos de recubrimiento de los pulmones. Muchos de estos átomos se transforman por emisión de partículas alfa, y por tanto existe el riesgo de que estas partículas alfa puedan dañar algunas de las células de los pulmones.

La radiación alfa puede romper el DNA de las células y constituir a su vez el primer eslabón de una cadena de sucesos que puede conducir al desarrollo de un cáncer. Las partículas alfa viajan en el

cuerpo una distancia extremadamente pequeña, y por tanto no es probable que puedan llegar a alcanzar a otros órganos. Por esta razón se piensa que el único riesgo importante del Radón es el asociado al cáncer de pulmón.

Hace siglos que se conoce que algunos trabajadores de minas subterráneas tenían una incidencia de cáncer de pulmón más alta que la de la población en general. Durante las últimas décadas, una cada vez mayor cúmulo de evidencias, ha ligado causalmente el cáncer de pulmón con la exposición a altos niveles de Radón y con el consumo de tabaco. La conexión entre el Radón y el cáncer de pulmón en mineros ha hecho que se dedique mayor atención a la posibilidad de que el Radón en las viviendas pueda ser también origen del cáncer de pulmón para la población, aún a pesar de que los niveles de este gas en viviendas sean mucho menores que en las minas. El estudio del National Research Council, llevado a cabo por el sexto Committee on



Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR VI) ha utilizado la información disponible más reciente para estimar el riesgo de exposición al Radón en el interior de las viviendas.

La forma más directa de estimar el riesgo del Radón en las viviendas es medir la exposición al Radón entre aquellas personas que han desarrollado cáncer de pulmón y compararla con la de aquellas otras que no lo han desarrollado. Algunos de estos estudios han sido finalizados y otros están en marcha. Dichos estudios hasta ahora no han proporcionado una respuesta definitiva, principalmente porque el riesgo debe ser muy pequeño para los bajos niveles de exposición encontrados en la mayoría de las viviendas y porque es muy difícil poder estimar la exposición al Radón que las personas han recibido a lo largo de toda su vida. A todo ello se une la evidencia de que el tabaco es causa de muchos más cánceres de pulmón que el Radón.

Puesto que no se puede hallar una estimación válida del riesgo solamente a partir de estudios en viviendas, en la estimación de los riesgos de exposición al radón en casas, BEIR VI ha utilizado la información de los estudios sobre el cán-

cer de pulmón en mineros con altos niveles de exposición al Radón. En particular, el comité ha utilizado los datos de 11 estudios de mineros que en total agrupan alrededor de 68.000 personas, de los cuales 2.700 han muerto de cán-

NÚMERO ESTIMADO DE MUERTES POR CÁNCER DE PULMÓN EN EE.UU., EN 1995, ATRIBUIBLES A LA EXPOSICIÓN A LOS DESCENDIENTES DE RADÓN EN EL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

Población	Número de muertes por cáncer de pulmón	Número de Muertes por Cáncer de Pulmón atribuibles a la Exposición a los Descendientes del Radón	
		Modelo de Exposición Concentración-Edad	Modelo de Exposición Duración-Edad
<i>HOMBRES</i>			
Total	95.400	12.500 ^a	8.800 ^b
Fumadores	90.600	11.300	7.900
No fumadores	4.800	1.200	900
<i>MUJERES</i>			
Total	62.000	9.300	6.600
Fumadoras	55.800	7.600	5.400
No fumadoras	6.200	1.700	1.200
<i>HOMBRES y MUJERES</i>			
Total	157.400	21.800	15.400
Fumadores	146.400	18.900	13.300
No fumadores	11.000	2.900	2.100

^a Suponiendo que el 95% de todos los cánceres de pulmón en varones se dan entre fumadores y que el 90% de los cánceres de pulmón en mujeres corresponden a fumadoras.

^b Estimaciones realizadas aplicando un factor de ajuste por tabaco a los modelos de riesgo. El factor multiplica la estimación base de riesgo atribuible por 0.9 para fumadores y por 2 para los no fumadores. Ello implica una relación submultiplicativa entre la exposición a los descendientes del Radón y el tabaco.

cer de pulmón. El comité ha analizado estadísticamente los datos para describir la dependencia con la exposición del riesgo de muerte por cáncer de pulmón. De esta forma se llega a proponer dos modelos de riesgo de cáncer de pulmón por exposición al Radón.

Sin embargo, convertir el riesgo al Radón en minas al de interior de viviendas no está ajeno de problemas. En primer lugar y de forma general, la mayoría de mineros estuvieron expuestos a niveles de Radón mucho mayores a los que están normalmente expuesta la gente en la mayoría de las casas; de hecho muy pocas personas se exponen a niveles de Radón como los de los mineros. Fue por tanto necesario estimar el riesgo en viviendas en base al riesgo de muerte de cáncer de pulmón para exposiciones al Radón mucho más altas como las que se dan en el interior de las minas. El comité empleó también la hipótesis, al igual que otros grupos de expertos, de que el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón aumenta de forma lineal con la exposición. Además, la evidencia biológica existente sugiere que cualquier exposición al Radón, por muy pequeña que sea, puede suponer algún riesgo. Sin embargo, y a partir de la evidencia disponible, tampoco puede excluirse la existencia de un umbral, es decir, un nivel de exposición por debajo del cual el Radón no produce ningún efecto.

El segundo de los problemas es que, en los estudios de mineros, la mayoría de ellos son fumadores y en las minas se inhalan polvo y otros agentes conta-

minantes. Puesto que el Radón y el tabaco causan ambos cáncer de pulmón, es complicado distinguir o separar el efecto de estas dos clases de exposición. Ello hace especialmente difícil estimar los riesgos del Radón en viviendas para los no fumadores utilizando la evidencia obtenida de los mineros. Un problema final es que los mineros eran casi todos varones, mientras que la población expuesta al Radón en viviendas está compuesta de mujeres, hombres y niños.

BEIR VI ha empleado también la información de estudios de laboratorio sobre la relación causal del Radón y el cáncer de pulmón. Con toda esa información y con datos de población de los EE.UU. y de medidas de niveles de Radón en viviendas, ha calculado el número de muertes por cáncer de pulmón por exposición al Radón en el interior de las mismas. Los datos se presentan en la tabla.

En 1995 murieron por cáncer de pulmón en EE.UU. 157.400 personas. De los 95.400 varones que murieron de cáncer de pulmón, alrededor el 95% eran probablemente fumadores y de las 62.000 mujeres que murieron el mismo año por la misma causa, alrededor del 90% eran fumadoras. Se supone que 11.000 muertes por cáncer de pulmón se produjeron en 1995 entre no fumadores.

Las estimaciones de BEIR VI, dependiendo de cuál de los dos modelos se escoja, atribuyen al Radón, de todas las muertes por cáncer de pulmón (para

fumadores y no fumadores), una entre 10 o una entre 7 (totalizando 15.400 o 21.800 por año en los EE.UU.)

Estas estimaciones totales de BEIR VI están sujetas a incertidumbres. El cálculo de las incertidumbres utiliza un análisis simplificado del modelo de riesgo relativo basado en datos de los niveles de exposición en viviendas. El número de muertes anuales por cáncer de pulmón atribuibles al Radón que resultan de tal análisis puede ser tan pequeño como 3.000 o tan grande como 32.000. La mayoría de los cánceres de pulmón asociados al Radón se dan entre fumadores, y a causa del sinergismo entre el tabaco y el Radón, muchos de los cánceres de pulmón en fumadores se podrían prevenir con un control del tabaco o con una disminución de la exposición al Radón. La estimación del comité BEIR VI respecto a las 11.000 muertes por cáncer de pulmón entre los no fumadores es que, dependiendo del modelo, 2.100 o 2.900 son debidas a la exposición al Radón.

Al ser el Radón un gas radiactivo de origen natural no puede ser eliminado totalmente de las viviendas, sin embargo, se estima que si se eliminan o reducen las exposiciones por debajo del nivel de acción recomendado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) establecido en 148 Bq/m^3 , se podrían reducir en un tercio las muertes debidas al Radón.

El riesgo de padecer un cáncer de pulmón por el hábito de fumar es



mucho mayor que el asociado al Radón. La mayoría de las muertes por cáncer de pulmón debidas al Radón entre fumadores, no se habrían producido si las víctimas no hubieran sido fumadores. Mas aún, existe evidencia de la existencia de un cierto sinergismo entre el Radón y el tabaco. En otras palabras, el número de cánceres inducidos por el

Radón entre fumadores es mayor que el que uno podría esperar de la composición de los efectos individuales del Radón y del tabaco. El factor escogido para caracterizar esta acción conjunta ha sido el submultiplicativo, para indicar que la acción conjunta es mayor que la suma de ambas pero menor que su producto.

BEIR VI indica que, en cualquier caso, 15.400 ó 21.800 muertes debidas al Radón en combinación con el consumo de tabaco, constituyen un importante problema de salud pública.

E. Sollet

VISITA A ESPAÑA DEL DR. EL BARADEI, DIRECTOR GENERAL DEL O.I.E.A.

El Dr. Mohamed El Baradei, Director General del O.I.E.A., visitó oficialmente España durante los días 27 al 29 de mayo de 1998. En su agenda, entre otros, se incluyeron los siguientes actos: entrevistas y reuniones con el Secretario de Estado de Política Exterior y para la UE, Secretario General de la Agencia Española de Cooperación Internacional, Secretario de Estado de la Energía y Recursos Minerales, Mesa de la Comisión de Industria y Energía del Congreso de los Diputados, Presidente y Consejeros del Consejo de Seguridad Nuclear y visita a las instalaciones de ENRESA en El Cabril.

El jueves 28 de mayo, el Dr. El Baradei efectuó una visita al Consejo de Seguridad Nuclear, donde se reunió con el Presidente y Consejeros del C.S.N., pronunció una conferencia bajo el título "Actividades del OIEA en Seguridad Nuclear y Perspectivas" y ofreció una rueda de prensa.

A la reunión con el Presidente del C.S.N. y los Consejeros, excepto D.

Agustín Alonso (se encontraba precisamente en Viena asistiendo al "Grupo de Expertos de Alto Nivel" que asesora al Director General del OIEA en relación con el Programa de Trabajo del Organismo), también asistieron, D. Luís del Val, Secretario General, y D. Javier Reig, Jefe de Relaciones Internacionales del CSN.

Se le hizo una detallada exposición sobre la historia, estructura y actividades del Consejo de Seguridad Nuclear. El Director General se interesó, en especial, por el tema de la seguridad y reconoció el importante avance tecnológico de España.

El Presidente del Consejo se refirió a los temas de mayor relevancia, centrándose en particular en la participación española en las actividades del OIEA en materia de seguridad nuclear y asistencia técnica. Se le transmitió al Dr. ElBaradei el deseo del C.S.N. de estar más presentes en los Grupos Asesores sobre Normativa de Seguridad, así como en mantener la actual presencia en el INSAG.

Posteriormente, se realizó una visita a la Sala de Emergencias, donde el Dr. ElBaradei recibió detalladas explicaciones sobre las instalaciones cuyo nivel técnico le pareció excepcional, similar a otras unidades existentes en los países más desarrollados.

El Dr. El Baradei pronunció una conferencia con el título "Actividades del OIEA sobre Seguridad Nuclear y Perspectivas", en la que destacó los siguientes puntos:

- Carácter determinante que la seguridad nuclear tiene sobre el futuro de la energía nuclear.
- Aún cuando la seguridad nuclear es en primer lugar responsabilidad nacional, a impulso del OIEA se ha venido desarrollando un conjunto de instrumentos jurídicos internacionales en paralelo a las tradicionales normas no vinculantes.
- El OIEA presta asistencia a los países en desarrollo, por diversos

mecanismos, para impulsar la aplicación de sus normas sobre seguridad nuclear y protección radiológica.

- Mirando al futuro, la gestión segura de los residuos radiactivos constituye el tema más candente y al que el OIEA dedicará redobladamente esfuerzos.
- Igualmente el apoyo al establecimiento de adecuadas infraestructuras reglamentarias sobre seguridad nuclear en los países en desarrollo es un tema prioritario en los próximos años.

Al término de la Conferencia tuvo lugar un coloquio.

El Dr. El Baradei también ofreció una rueda de prensa durante su visita al C.S.N. Cabe decir que la noticia de las primeras pruebas nucleares de Paquistán acababa de ser conocida por el Dr. El Baradei y sus acompañantes a través de una comunicación telefónica de la Representación Permanente de España en el OIEA en Viena.

Al comenzar la rueda de prensa, a las 16:30 horas, los medios informativos nacionales tenían ya conocimiento de las pruebas paquistaníes, por lo que la concurrencia fue nutrida, con representaciones de los principales diarios nacionales y numerosas cadenas de radio y televisión.

Las primeras preguntas, lógicamente, se centraron sobre este tema. El Dr. El Baradei señaló que India, Paquistán y Corea del Norte no son partes del TNP, expresó su

profundo disgusto por las pruebas y afirmó que el mundo será mucho más seguro cuantos menos países tengan armas nucleares, y que los hechos de los últimos días van en contra de este objetivo y pueden afectar gravemente a los fundamentos del TNP. Afirmó solemnemente: "No more nuclear tests, no more installations leading to nuclear weapons". El club de poseedores de armas nucleares -que sigue limitado a cinco miembros- debería ser abolido, y deberían acelerarse las negociaciones para suprimir todas las armas nucleares según el artículo 5 del TNP. Hay que trabajar -afirmó- para que no se produzca una carrera de armas nucleares.

Preguntado sobre la seguridad en la zona, el Dr. El Baradei expresó su esperanza de que sean las últimas pruebas y que el Consejo de Seguridad anuncie sanciones y las dos partes se reúnan a negociar.

A preguntas sobre el transporte nuclear y la seguridad de las instalaciones nucleares, contestó que son asuntos de responsabilidad nacional en cada país y el OIEA sólo presta ayuda técnica y normativa.

Respecto a la diferencia entre países que tienen tecnología para hacer pruebas y países pobres que carecen de la misma, informó que hay 40 países que tienen un nivel tecnológico que les permitiría, si así lo desearan, desarrollar armas nucleares. Subrayó sin embargo que cuantas más armas, menos seguridad. El artículo VI del TNP establece un compromiso sobre el desarme nuclear y los cinco miembros del club han deci-

dido que su seguridad estará mejor garantizada sin armas nucleares.

En cuanto a la energía nuclear y el desarrollo sostenible, informó que la energía nuclear es segura, fiable y menos contaminante y, por tanto, ambientalmente buena según se vio en Kyoto. Pero existe un riesgo, y por ello los países con energía nuclear deben tener elevados niveles tecnológico y culturales, pues cuanto mayores sean éstos más se garantiza la seguridad. Mencionó, en concreto España, donde estos niveles son muy elevados.

A una pregunta sobre si el Gobierno de Ucrania efectuaba algún tipo de chantaje al OIEA con Chernobyl, el Director General respondió que el OIEA está fuera de las presiones de los países.

En cuanto a las antiguas centrales nucleares de modelo soviético, que no se cierran por no haber soluciones alternativas, dijo que el OIEA y la Unión Europea son muy activas en favorecer fuentes nuevas de energía para cerrar los reactores inseguros. El difícil tema de la seguridad es de responsabilidad colectiva y todos debemos colaborar, pues la inversión en seguridad nuclear constituye una buena inversión.

Por último, en relación con los residuos y su eventual transporte internacional, se pronunció a favor del almacenamiento profundo, se refirió a la vitrificación y dijo que queda mucho por investigar, aunque el tema no es urgente, pues el almacenamiento temporal es hoy por hoy una solución válida.



INCIDENTE EN ACERINOX (ALGECIRAS) FUSIÓN DE UNA FUENTE DE CESIO-137 EN UN HORNO ELÉCTRICO DE CHATARRAS

El incidente de ACERINOX no ha tenido consecuencias para el público, ni para los trabajadores expuestos ni para el medio ambiente, aunque representa un hecho complejo, no resuelto todavía en su totalidad en cuanto a sus repercusiones extrafronterizas, que ha requerido complejos análisis técnicos en los que han participado distintos especialistas como meteorólogos, ingenieros, físicos, químicos y expertos en protección radiológica.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha elaborado un Informe sobre el incidente, en el que se aborda y da respuesta con mayor alcance, precisión y rigor científico a todos los problemas que este hecho ha planteado. Este informe ha sido remitido al Parlamento.

El día 9 de junio, la empresa Acerinox informa al CSN sobre una contaminación radiactiva por Cesio-137 encontrada en uno de los tres hornos de fundición de su planta de Algeciras. La empresa sospechaba el problema desde el día 2 de junio, pero optó por tener confirmación y una valoración inicial de las consecuencias antes de ponerse en contacto con las autoridades.

La partida de chatarra contaminada parece ser que entró en la planta de Acerinox el día 30 de mayo. Los monitores de radiación de la fábrica no detectaron señal alguna. El arco de detección a la

entrada del puerto estaba fuera de servicio desde el 25 de mayo al 2 de junio y es posible además que la fuente estuviera blindada. La chatarra se fundió ese mismo día.

Dos días después, el 2 de junio, un camión vacío hace saltar la alarmas de uno de los detectores de radiación. Acerinox inicia entonces una inspección de las 83.000 toneladas de acero que tenía en proceso de transformación así como de los hornos y equipos asociados.

No se detectó presencia de radiactividad en estas inspecciones que continuaron durante los días 3 y 4 de junio, siempre con resultados negativos.

Sin embargo, el viernes día 5 se apreció presencia de radiación en niveles muy pequeños en los enfriadores del horno eléctrico número 1. Se decide entonces parar la operación de este horno a pesar de que en las cenizas no se detecta presencia de Cesio-137.

El lunes día 8 las medidas revelan de nuevo un incremento de radiactividad en la misma zona del horno número 1, pero al estar parado desde el viernes, no se encuentra justificación a ese incremento en las medidas. Sin embargo, la llegada el día 9 de nuevos equipos de detección, más sensibles, confirma sin lugar a dudas la contaminación en el horno número 1 y se informa en consecuencia al CSN.

Ese mismo día 9 de junio, el CSN, tras realizar una valoración de la información recibida, proporcionó a la empresa las primeras instrucciones sobre cómo debía proceder y, al mismo tiempo, envió una inspección a la planta. En los dos días siguientes, la inspección confirmó la contaminación, que se encontraba en el horno número 1, y en sus tuberías y filtros, y ratificó las medidas de aislamiento y control de accesos que se habían tomado previamente.

Es en ese momento, el día 12 de junio, tras analizar los resultados de la inspección, cuando el CSN considera estar en disposición de realizar la primera comunicación oficial a las instituciones nacionales e internacionales y a los medios de comunicación, informando de todo lo que se sabía hasta entonces, incluido el hecho de que esa misma mañana se había recibido notificación oficial de haberse detectado incrementos de cesio en la atmósfera en diversos puntos de Europa con valores del orden de 2 mBq/m³, valores sólo detectables en laboratorio tras el análisis de importantes volúmenes de aire. Se tomaron medidas en la planta y su entorno y se cotejaron todos los valores de las redes nacionales, existiendo sólo un punto de España, en Palomares (Almería), en el que se ha detectado un incremento de cesio en la atmósfera, aunque en valores inferiores a los de Francia (0.89 mBq/m³), pero al menos 100 veces superiores a los de fondo de la zona.

El mismo día 12 de junio el CSN pone en marcha medidas en torno a la posible afectación de los trabajadores, la contaminación de la planta de Acerinox y la situación de los camiones y residuos que habían salido de la planta hasta que se tuvo conocimiento de los hechos.

El día 15 de junio se refuerza la presencia del CSN trasladándose a ACERINOX un equipo compuesto por dos inspectores, junto a la jefa de la Unidad Técnica de Protección Radiológica, un experto de ENRESA, y tres técnicos de PROINSA (Unidad Técnica de Protección Radiológica contratada por el CSN).

Otro grupo compuesto por un inspector del CSN y dos expertos de ENRESA se desplazó a EGMASA (Empresa de Gestión Medioambiental) en Palos de la Frontera (Huelva), receptora de los residuos de la fábrica de ACERINOX. Posteriormente este equipo se trasladó a la planta de PRESUR en Fregenal de la Sierra (Badajoz).

El director y coordinador de ambos equipos fue el jefe de la Oficina de Emergencias del CSN, asimismo desplazado a Algeciras.

El mismo día 15 se trasladó a ACERINOX una unidad móvil de UNESA de dosimetría interna, provista de un contador portátil de cuerpo entero, junto con su personal técnico especializado, para examinar a los trabajadores. Esta unidad comenzó su trabajo ese mismo día con el examen de los trabajadores de ACERINOX y de sus contratas que, por razones

de su trabajo, hubieran podido estar expuestos al efecto de los polvos provenientes del horno contaminado.

Entre los días 15 y 18 se examinó a un total de 376 trabajadores de ACERINOX, sus contratas, empresas colindantes y empresas destinatarias de los residuos producidos en ACERINOX (EGMASA y PRESUR); 370 presentaban valores inferiores al límite de detección del sistema de medición. En seis casos se pudo medir indicios de presencia de cesio por debajo del nivel de registro y con un valor máximo del orden de 200 veces inferior al límite anual de dosis para el público vigente actualmente en la legislación española de protección radiológica (5 mSv/año).

De las mediciones y análisis de muestras efectuados por los técnicos en la planta de ACERINOX y empresas colindantes, se concluyó que la contaminación en la planta estaba circunscrita a la zona de extracción de los humos del horno número 1 y que los residuos procedentes de este horno se hallaban perfectamente delimitados y confinados, no existiendo contaminación en ningún otro punto de la planta.

Los análisis y mediciones realizados durante los días 15 y 16 en las plantas de PRESUR y EGMASA tanto en su planta de tratamiento de residuos inorgánicos en Palos de la Frontera (Huelva) como en el llamado Centro de Recuperación de Inertes, localizado en la Marisma de Mendaña (Huelva) confirmaron la existencia de contaminación en las plantas en grado

variable, siendo mayor en la maquinaria del proceso de producción y en los puntos de recepción de los polvos; también se detectó contaminación en las cubas de los camiones que hacen los transportes desde ACERINOX a las plantas.

En ambos casos el CSN requirió a las empresas, como medida de seguridad, la paralización de la producción en las plantas, la prohibición del acceso de personal a las zonas contaminadas y la inmovilización de las cubas de transporte contaminado.

Confirmada la presencia de contaminación en las plantas de ACERINOX, EGMASA y PRESUR, se puso en marcha, a instancias del CSN, una medida adicional de medición y análisis, consistente en el desplazamiento a ACERINOX el día 17 de una unidad móvil de medición radiológica del CIEMAT para examinar un entorno geográfico de 30 kilómetros alrededor de ACERINOX, así como el trayecto de los camiones desde la planta de ACERINOX a la de EGMASA en Huelva. El trayecto a PRESUR, en Fregenal de la Sierra, se descartó porque los transportes de polvos a esta empresa se hacen en cisternas cerradas que hacen imposible su dispersión.

El resultado de todas estas mediciones fue también negativo.

Adicionalmente, el CIEMAT, también a instancias del CSN, tomó muestras de suelo, vegetales de hoja ancha y arena de playa en Palomares, obteniendo resultados inferiores al Límite de Detección.



RESUMEN DE LAS ACCIONES ADOPTADAS A PARTIR DEL 19 DE JUNIO

El viernes día 19 de junio, el Pleno del CSN se dirigió al Ministerio de Industria y Energía notificando las medidas ya adoptadas:

- La supervisión de la revisión radiológica de los trabajadores de las empresas involucradas, con el resultado ya mencionado de seis trabajadores con ligera presencia de cesio, por debajo de los niveles de registro.
- La orden de no utilización de la planta de PRESUR en Fregenal de la Sierra.
- La inmovilización del remolque cisterna que hizo el transporte ACERINOX PRESUR.
- La orden de no utilización de la planta de EGMASA en la zona contaminada, delimitada por el inspector del CSN, así como la orden de inmovilización de los camiones contaminados.
- La paralización del proceso productivo de la planta de ACERINOX en el horno contaminado y el inicio de los trabajos de descontaminación en la zona afectada.
- La supervisión de las medidas radiológicas ambientales realizadas por CIEMAT y PROINSA en la planta y entorno de ACERINOX y en el trayecto de los camiones.

La inspección del CSN está supervisando las medidas de descontaminación que con carácter urgente se han iniciado, en ACERINOX, EGMASA y PRESUR.

Los laboratorios que forman parte de la red de vigilancia radiológica están efectuando análisis complementarios de suelo, vegetales de hoja ancha, y arena de playa en las zonas costeras. Además, en las zonas más próximas a la planta afectada se están realizando controles adicionales a los ya realizados por el CIEMAT con tomas de muestras y análisis.

En cuanto a la caracterización de la fuente, se está ante un hecho complejo desde el punto de vista científico. Se puede fijar la fecha del hecho entre los días 29 y 30 de mayo. De estas fechas se extrae el dato de que las chatarras que entraron en el horno ese día, que son partidas documentadas, tienen todas ellas un origen extranjero.

A modo de referencia cabe citar que en España hay 395 instalaciones con fuentes encapsuladas de Cesio-137 en los siguientes campos de aplicación: 273 industriales, 83 médicas y 39 de docencia o investigación. Todas ellas están controladas por el CSN lo que confirma que la fuente fundida no procede de ninguna de ellas.

En otro orden de cuestiones los estudios de meteorología que se están recibiendo no son en absoluto coherentes. Fuentes de la empresa ACERINOX dudan de que los valores de cesio detectados en Europa tengan su origen en este inciden-

te. Según técnicos de ACERINOX, todo el Cesio-137 procedente de la fundición quedó retenido en los conductos y filtros de horno, y no llegó a salir al exterior. Justifican este hecho en tres datos importantes: la baja temperatura de salida de los gases del horno (80°C), la no detección de Cesio-137 en la chimenea de 22 metros por donde se supone que salieron a la atmósfera y la baja velocidad de los vientos de aquellos días (menos de 0,5 m/s) y de dirección sudeste.

ACTUACIONES EN CURSO O EN PROCESO DE FINALIZACIÓN

Las actuaciones actualmente en curso consisten en la finalización de la descontaminación de la fábrica de ACERINOX, ya iniciada por una empresa especializada, y que se habrá concluido en un plazo aproximado de unas tres semanas. El Consejo verificará que la descontaminación ha sido llevada a cabo adecuadamente, informando al Ministerio de Industria y a la Empresa para que ésta pueda reanudar su producción con toda normalidad.

En Fregenal de la Sierra, en la provincia de Badajoz, se ha procedido ya a acondicionar el material contaminado y a almacenarlo, debidamente protegido, a la espera de que ENRESA pueda transportarlo y acondicionarlo adecuadamente para su almacenamiento en El Cabril.

El Consejo, una vez que reciba el informe correspondiente de ENRESA y que inspeccione la descontaminación realizada, informará al Ministerio de Industria y

a la Empresa para que ésta pueda también reanudar normalmente su producción.

Por otra parte y por lo que se refiere a la planta de EGMASA en Palos de la Frontera, se han descontaminado ya las áreas de uso general y se está actualmente descontaminando el resto de la instalación que incluye la balsa de pluviales allí existente.

Necesitará algún tiempo más, la descontaminación del depósito de inertes en Mendaña, cerca del río Tinto, ya que es preciso empezar por caracterizar bien las zonas realmente contaminadas, calculan-

do adecuadamente las cantidades de material que sea preciso arrancar y transportar. Finalizada esta caracterización, realizada por una empresa especializada, habrá que realizar un proyecto para arrancar el material contaminado, confinarlo adecuadamente y transportarlo a El Cabril.

Se piensa que la zona quedará totalmente limpia de la contaminación a la largo del mes de agosto aproximadamente.

El Consejo de Seguridad Nuclear está manteniendo contactos con el Ministerio de Industria para plantear la promulga-

ción de normativa que pueda reducir la posibilidad de que se produzcan incidentes como el ocurrido en ACERINOX. Se trataría de imponer reglamentariamente la instalación de aparatos de detección, en puertos, almacenes o fábricas, la contratación de pólizas de seguros que cubran los gastos de descontaminación, junto con la apertura de un registro de origen de las chatarras.

Paloma Marchena

Jefe del Servicio de Dosimetría de UNESA. 15 julio 1998

PLAN CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN CSN-UNESA

El pasado 22 de septiembre de 1997, el Consejo de Seguridad Nuclear y UNESA firmaron un convenio marco de colaboración, con una duración inicial de cuatro años, al objeto de establecer mecanismos de planificación, seguimiento y coordinación de los proyectos de investigación en materia de seguridad nuclear y de protección radiológica de interés común para el CSN y el Sector Eléctrico.

La primera fase de aplicación del convenio de colaboración ha sido la identificación de proyectos a iniciar en el primer año, los cuales se han agrupado en áreas temáticas identificándose para cada uno de ellos sus objetivos básicos.

Las áreas temáticas en las que se han agrupado los proyectos son: Termohidráulica, Combustible y Física del Reactor, Accidentes Severos, Factores Humanos, Integridad de Equipos y Estructuras, Análisis de Riesgos, Residuos Radiactivos y Protección Radiológica.

En el área de Protección Radiológica se han activado los siguientes proyectos:

- **Nuevas técnicas de dosimetría personal externa de lectura directa de tipo electrónico.**

El objetivo principal de este proyecto es el estudio de dosímetros de lectura directa y establecimiento de criterios de aceptación de los mismos para su posible utilización como dosimetría oficial.

- **Desarrollo y aplicación del nuevo modelo metabólico pulmonar del ICRP-66 y elaboración de programas de control de medidas in-vivo e in-vitro de emisores α , β y γ para la determinación de las dosis internas de los trabajadores de las centrales nucleares.**

Este proyecto tiene dos objetivos diferenciados:

- Desarrollo del modelo metabólico completo para la estimación de dosis por incorporación de radionucléidos (funciones de retención y excreción para la interpretación tanto de medidas in-vivo como medidas in-vitro) derivado del



modelo pulmonar del ICRP-66, mediante la formulación matemática del mismo, y desarrollo de un programa informático en entorno Windows, compatible con los equipos de dosimetría interna actualmente existentes en las CC.NN. españolas, que lo incorporen.

- Elaboración de procedimientos de actuación para medidas indirectas - in vitro (programas de control, obtención de muestras biológicas, análisis radioquímicos de muestras de heces y orina e interpretación de resultados en términos de incorporación, dosis comprometida y dosis efectiva) para el caso de exposición interna a emisores fundamentalmente α y β .

- **Evaluación de las dosis de radiación natural en el entorno de las centrales nucleares españolas.**

El objetivo de este proyecto es estimar las dosis de radiación natural que recibe la población que habita en el entorno de las CC.NN. del país mediante la medida de la concentración de radionucleidos naturales en los suelos, de los niveles de radiación en el interior y exterior de las viviendas y de las concentraciones de Rn-222 en el interior de las viviendas.

- **Modelización del flujo neutrónico en el recinto de contención de una central nuclear.**

El objetivo de este proyecto es desarrollar una metodología de aplicación general que permita estimar los espectros de neutrones existentes en el recinto de contención de una central nuclear mediante el empleo de modelo de simulación basado en el método de Monte-Carlo adecuadamente validado mediante el empleo de detectores de neutrones.

- **Aplicación de la espectrometría gamma in situ a la dosimetría ambiental de radiación externa.**

El objetivo de este proyecto es disponer de un método operativo en campo, mediante el cual y a través de los resultados de los espectros de radiación gamma obtenidos, determinar los valores de dosis asociados, así como los isótopos que dan lugar a dichas dosis.

- **Desarrollo de un procedimiento para la calibración de las sondas de medida de tasas de dosis ambientales.**

El objetivo de este proyecto es desarrollar un procedimiento que permita aumentar la fiabilidad de las medidas de la tasa de dosis ambiental proporcionada

por una sonda, de manera que los valores obtenidos sean prácticamente independientes de la sonda utilizada.

- **Dosimetría retrospectiva (DOSE).**

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de técnicas y métodos físicos de dosimetría retrospectiva, mediante la optimización de los métodos luminiscentes en materias naturales (minerales) y el estudio de aquellos parámetros que puedan afectar la fiabilidad de los datos dosimétricos.

- **Desarrollo de un método de medida y cálculo para su aplicación a la dosimetría de partículas calientes.**

El objetivo de este proyecto es desarrollar un procedimiento que permita, mediante el empleo de una dosimetría por termoluminiscencia, medir Hp(0,07). Este dosímetro, una vez optimizado para adaptarlo a las características exigidas por las partículas calientes, permitiría validar los resultados obtenidos por simulación con Monte-Carlo (códigos EGS4-PRESTA, VARSKIN), referentes a la distribución superficial y en profundidad de la dosis piel, suministradas por estas partículas calientes, en función del tamaño, geometría, densidad y composición de las mismas.

Pío Carmena

SEGÚN UN INFORME DEL CSSP, EXPOSICIONES POR DEBAJO DE 100 mSv NO PRESENTAN RIESGO

El Consejo de Presidentes de Sociedades Científicas (CSSP) de EE.UU., Canadá y el Reino Unido - Sociedad Química Americana, Sociedad Nuclear Americana, BNFL, INC., Sociedad Nuclear Canadiense, Instituto de Toxicología de la Industria Química, el Ministerio de Energía de USA, Instituto de Investigación de la Industria Eléctrica (EPRI), Agencia de Protección Ambiental

(EPA), Sociedad de Protección Radiológica Americana (HPS), Instituto de Energía Nuclear (NEI) y la Comisión Reguladora Nuclear de EE.UU. (NRC) - ha anunciado el consenso alcanzado por más de 50 científicos y políticos en la conferencia Wingspread, patrocinada por el CSSP y celebrada del 31 de julio al 3 de agosto en Racine Wis., de que no hay una asociación clara entre

exposiciones a la radiación ionizante menores de 100 mSv (10 rem) y un incremento del riesgo de cáncer en adultos. El informe resultante de fecha 3 de marzo de 1998 se titula "Creación de Estrategia para una Política Nacional con Soporte Científico: Identificación de Aspectos Conflictivos sobre los Riesgos a la Salud de las Radiaciones Ionizantes de Bajo Nivel".

DIFERENTES LÍMITES FEDERALES EN EE.UU., EN RELACIÓN CON LA EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO A LAS RADIACIONES IONIZANTES

Norma o Guía/Agencia	Límite	Estimación del riesgo para toda la vida de muerte prematura por cáncer
Público en general/NRC	0.1 rem/año	1 en 300
Desechos rad. bajo nivel/NRC	0.025 rem/año	1 en 1.000
Radón en viviendas/EPA	4 pCi/l	1 en 40
Minería de uranio/EPA		
Radón	5pCi/g	1 en 50
Radón	20 pCi/m ³ .s (tasa de liberación)	1 en 14.000
Ciclo del combustible	0.025 rem/año	1 en 1.000
Gestión final residuos radiactivos de elementos trasuránidos del combustible gastado		
Todas las vías de exposición	0.015 rem/año	1 en 2.000
Aguas profundas	0.004 rem/año	1 en 7.000
Contención	1 muerte en 10.000 años	1 en 36.000
Polución del aire	0.01 rem/año	1 en 3.000
Propuesta de EPA para el agua de bebida		
Radio	20 pCi/l	1 en 14.000
Radón	300 pCi/l	1 en 5.000
Beta/gamma	0.004 rem/año	1 en 7.000
General	riesgo entre 10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁶	de 1 en 15.000 a 1 en 1.500.000



El informe señala varios puntos de acuerdo general entre los asistentes a dicha conferencia. Entre ellos cabe citar la evidencia de un aumento de la incidencia de cáncer en adultos para dosis recibidas superiores a 100 mSv. Los niveles regulados en la actualidad son menores de ese valor. No se observa un nexo claro entre un aumento de la incidencia de cáncer y dosis menores de 100 mSv. Los participantes también se pusieron de acuerdo en que los estudios sobre el riesgo de cáncer a exposiciones bajas son poco fiables a causa de la alta incidencia de cáncer por todas las causas. Por esta razón, la determinación del riesgo de cáncer a bajas dosis requiere extrapolar a bajas

dosis las relaciones obtenidas a altas dosis entre la exposición y la incidencia de cáncer. Los participantes, por contra, no propusieron un modelo matemático alternativo al de la teoría lineal sin umbral.

Fue unánime el consenso en la necesidad de seguir investigando, particularmente en estudios epidemiológicos y en los mecanismos de la carcinogénesis a nivel celular y molecular. El informe también recomendó lo siguiente:

- Los organismos reguladores deben desarrollar metodologías consistentes y armonizar los aspectos relacionados con la radiación, especial-

mente en comparación con otros riesgos regulados.

- Creación de una Comisión Congreso-Presidencia para revisar y sugerir mejoras en las políticas legislativas y reguladoras de las agencias gubernamentales, relacionadas con la exposición a bajas dosis de radiación (ver tabla adjunta).
- Mejorar la comunicación con el público sobre los riesgos de las radiaciones ionizantes.

E. Sollet

• FLASHES INFORMATIVOS •

■ Aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes

El pasado día 3 de junio se celebró en la sede de la Sociedad Nuclear Española una conferencia sobre "Aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes" a cargo de Pilar López Franco, Jefe de Servicio de Protección Radiológica del H. U. La Princesa. La conferencia, promovida por la SNE y WIN (Woman in Nuclear) España, versó sobre las distintas aplicaciones de las radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario, tanto en diagnóstico, como en terapia, y en investigación, así como de los riesgos asociados con su utilización. Finalizada la conferencia, se abrió un coloquio en el que se debatieron algunos aspectos de la protección radiológica, tanto de los pacientes como de los trabajadores profesionalmente expuestos. Desde aquí queremos felicitar a la conferenciante y a los organizadores por el éxito obtenido.

■ Especialidad en Radiofísica Hospitalaria

En el BOE de fecha 19 de junio de 1998 aparece publicada la Orden Ministerial de 12 de junio de 1998, por la que se regulan las vías transitorias de acceso al Título de especialista en Radiofísica

• FLASHES INFORMATIVOS •

Hospitalaria, en desarrollo de lo dispuesto en el Real Decreto 220/1997, de 14 de febrero. Con esta Orden se dan por finalizados los aspectos legislativos de acceso al Título de especialista, y queda regulada una especialidad. Todos los que trabajamos en este área nos felicitamos por este hecho, pero en especial felicitamos a esos compañeros que han aportado mucho esfuerzo y dedicación para que se reconociese de forma oficial la especialidad de Radiofísica Hospitalaria.

■ Artículo 31 EURATOM

El Grupo de Expertos del Artículo 31 EURATOM ha aprobado en sus reuniones del mes de junio las directrices generales de los siguientes documentos:

- Guidance on Medical Exposures and Biomedical Research.
- Guidance/recommendations Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures.
- Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental medical exposures.

La versión final de estos documentos ha sido encargada al Grupo de Trabajo de Exposiciones Médicas, y se prevé que existan versiones definitivas en unos meses.



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

afiliada a la

INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (I.R.P.A.)

Correo electrónico: sepr.@sepr.org

SOLICITUD DE ADMISION

Datos personales:

Apellidos Nombre.....
Dirección particular
Código postal y Población
Teléfono () Fax () Fecha nacimiento.....
Empresa o Centro de trabajo..... Cargo.....
Dirección.....
Código Postal y Población
Teléfono () Fax () e-mail
Estudios o formación.....
.....

Enviar Correspondencia a: Dirección particular Lugar de trabajo

Socios que avalan su candidatura

D/D^a
D/D^a

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.....

Sectores de actividad

Para su participación en la SEPR indique actividad profesional y/o área de interés.
(Debe adscribirse por lo menos a un sector)

Reglamentación y Normativa Medicina y Salud Pública Investigación y Docencia
Industria, Energía y Medio Ambiente Actividades Técnicas y Comerciales

DOMICILIACION BANCARIA

CUENTA CARGO _____

Entidad	Sucursal	D.C.	Núm. de Cuenta

Sr. Director de
Calle/Plaza
Localidad..... Provincia..... C.P.....

Muy Sr. Mío:

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

Atentamente,

(firmado)

Nombre y Apellidos





ANUNCIO DE VACANTES EN EL OIEA

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha anunciado una serie de vacantes a las que pueden optar los interesados que cumplan los requisitos exigidos. Información complementaria a la que aquí se refleja puede obtenerse en: <http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies/>

<p>Título y grado del puesto Inspector superior (tres puestos) P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/030 Fecha: 19 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 19 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.J.07</p>
<p>Dependencia orgánica Sección de Procedimientos Divisiones de Operaciones A, B y C Departamento de Salvaguardias</p>	
<p>Título y grado del puesto Ingeniero químico nuclear/Jefe de Dependencia P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/602 Fecha: 19 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 19 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: puesto supernumerario de duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.B.13</p>
<p>Dependencia orgánica Sección de Tecnología de los Desechos División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos Departamento de Energía Nuclear</p>	
<p>Título y grado del puesto Ingeniero Nuclear P-4</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/603 Fecha: 19 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 19 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: puesto supernumerario de duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.B.13</p>
<p>Dependencia orgánica Sección de Tecnología de los Desechos División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos Departamento de Energía Nuclear</p>	
<p>Título y grado del puesto Oficial de asuntos jurídicos P-4</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/026 Fecha: 13 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 13 de julio de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.G.01</p>
<p>Dependencia orgánica División Jurídica Departamento de Administración</p>	
<p>Título y grado del puesto Jefe de Sección P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/027 Fecha: 13 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 13 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.R./1.I.02.c</p>
<p>Dependencia orgánica Sección de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Nutrición y la Salud División de Sanidad Humana Departamento de Investigaciones e Isótopos</p>	

<p>Título y grado del puesto Especialista Superior en Nutrición P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/028 Fecha: 13 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 13 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.1.02.c</p>
<p>Dependencia orgánica Sección de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Nutrición y la Salud División de Sanidad Humana Departamento de Investigaciones e Isótopos</p>	
<p>Título y grado del puesto Tesorero P-4</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/029 Fecha: 13 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 13 de julio de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.A.01.f</p>
<p>Dependencia orgánica Dependencia de Tesorería Sección de Finanzas y Contabilidad División de Presupuesto y Finanzas Departamento de Administración</p>	
<p>Título y grado del puesto Físico Nuclear/Programador P-2</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/023 Fecha: 6 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 6 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.C.07/1.A.05.e</p>
<p>Dependencia orgánica Dependencia del Centro de Datos Nucleares Sección de Datos Nucleares División de Ciencias Físicas y Químicas Departamento de Investigaciones e Isótopos</p>	
<p>Título y grado del puesto Redactor técnico P-3</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/024 Fecha: 6 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 6 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.0.02</p>
<p>Dependencia orgánica División de Planificación, Coordinación y Evaluación Departamento de Cooperación Técnica</p>	
<p>Título y grado del puesto Coordinador de programas P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/025 Fecha: 6 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 6 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Viena Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: tres años Código CCGO: 1.B.13</p>
<p>Dependencia orgánica Departamento de Energía Nuclear</p>	
<p>Título y grado del puesto Jefe del MESL P-5</p>	<p>Anuncio de vacante Núm.: 98/702 Fecha: 6 de mayo de 1998 Plazo para presentar solicitudes: 6 de agosto de 1998 El candidato debe entrar en funciones el: lo antes posible Lugar de destino: Mónaco Tipo de contrato: duración fija Duración del contrato: un año Código CCGO: 1.R.01.c</p>
<p>Dependencia orgánica Laboratorio de Estudios del Medio Ambiente Marino (MESL) Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino (IAEA-MEL) Departamento de Investigaciones e Isótopos</p>	

GRUPO DE DOSIMETRÍA BIOLÓGICA

De entre los acuerdos de cooperación ya adoptados por el GRIAPRA en su reunión de Guadalajara (México, 1997) está el de favorecer la integración y constitución de equipos internacionales. En esta línea se ha puesto en marcha desde hace varios meses el Grupo de Dosimetría Biológica, constituido por: Rafael Herranz Crespo, Marina Pilar Olivares, Mercedes Moreno Domene y Ana González, por España; Omar García Lima, Juan Cárdenas y Luis Jova Sed, por Cuba; Nora Nasazzi y César Arias, por Argentina; Marcos Espinosa Zevallos y Eduardo Medina Gironzini, por Perú; Helena Goncalves Bigares y Joao Josi Quintela do Brito, por Portugal. Este grupo tiene el objetivo de elaborar un trabajo colaborativo a desarrollar en las instituciones representadas por los especialistas participantes.

El proyecto se ha presentado recientemente, a través del coordinador general del GRIAPRA y de Nora Nasazzi, responsable del Laboratorio sobre Dosimetría Biológica de la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina, en su calidad de coordinadora técnica del proyecto, a la "Convocatoria de Ayudas al Tercer Mundo: una apuesta solidaria desde Extremadura", que promueve la Junta de Extremadura a través de la Consejería de Bienestar Social y cuya dirección URL en la Web es:

<http://bs.juntaex.org>.

RESUMEN DEL PROYECTO COOPERACION Y DESARROLLO CON IBEROAMÉRICA EN DOSIMETRIA BIOLÓGICA

Países de ejecución: Argentina, Cuba, España, Perú y Portugal. Periodo de ejecución: mayo 1998-mayo 2000.

Se propone la integración de los laboratorios de Dosimetría Biológica iberoamericanos actualmente en actividad a fin de constituir un grupo coordinado, con los siguientes objetivos:

1. Actuación conjunta con fines de ayuda mutua en caso de accidentes radiológicos.
2. Contribuir a la transferencia e implementación práctica de nuevas tecnologías en el reconocimiento del daño radioinducido entre los laboratorios de los países iberoamericanos.
3. Promover la instalación de laboratorios especializados en los países iberoamericanos que aun no poseen este servicio.
4. Desarrollar actividades conjuntas de investigación y desarrollo en el área de la dosimetría biológica.

Dado que el proyecto vincularía el desarrollo de actividades científico-tecnológicas en países de muy diferente contexto económico, político y sociocul-

tural, sin que esto correlacione necesariamente con la pertenencia a un continente, parece más apropiado definir la situación actual en cada país para tener un panorama más acabado del papel de cada uno de ellos en el desarrollo del proyecto.

1. Los laboratorios de Argentina, Cuba, España y Perú acreditan antecedentes en Dosimetría Biológica, aunque con distintos grados de experiencia, como para constituir inicialmente un Grupo Coordinado de Dosimetría Biológica que permita la acción conjunta mediante la aplicación de técnicas y procedimientos convencionales de evaluación dosimétrica.
2. Portugal no cuenta con un laboratorio de la especialidad, de modo que su participación inicial en el Grupo Coordinado de Dosimetría Biológica sería en calidad de receptor de entrenamiento de profesionales y técnicos del área biomédica (responsabilidad de la Administración portuguesa y no de este proyecto), con vistas a la instalación de un laboratorio en ese país (competencia y responsabilidad de la Administración portuguesa y no de este proyecto).
3. Los laboratorios de Argentina y España cuentan con la experiencia y puesta en práctica de la técnica de Hibridación in situ por Fluorescencia.

cia (FISH). Actuarían en calidad de transferentes de la tecnología a través del entrenamiento de los profesionales de Cuba y Perú (se podría sumar Portugal), a fin de que los mismos puedan implementar la técnica y realizar su propia experiencia utilizando el equipamiento solicitado en el proyecto, en sus respectivos laboratorios de origen.

4. La actividad conjunta de evaluación de una muestra de niños pertenecientes a los territorios afectados por el accidente de Chernobyl mediante técnicas citogenéticas convencionales será abordado por los siguientes países: Argentina, Cuba, España y Perú. El tratamiento de la muestra mediante la técnica de FISH será encarado por Argentina y España, con la colaboración de Cuba y Perú si en los plazos programados dichos laboratorios han concluido el entrenamiento y cuentan con el equipamiento especializado solicitado en este proyecto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Generar un intercambio permanente de información general, interconsulta de casos de evaluaciones dosi-

métricas en situaciones de supuesta o comprobada sobreexposición a la radiación ionizante, compatibilización de protocolos de técnicas de laboratorio, intercomparación de curvas de calibración para la estimación del daño radioinducido y promoción de la adopción de criterios y prácticas de control de calidad, en base a las normas de la serie ISO 9000.

2. Posibilitar la implementación de técnicas citogenéticas avanzadas para el reconocimiento del daño radioinducido (Hibridación in situ por Fluorescencia, FISH) en los laboratorios de Dosimetría Biológica de Cuba y Perú.
3. Desarrollar una actividad de investigación conjunta referida a la evaluación por Dosimetría Biológica de una muestra de niños procedentes de los territorios afectados por el accidente de Chernobyl.
4. Contribuir a la formación de especialistas para conducir la instalación de laboratorios de Dosimetría Biológica en Portugal y en Extremadura. Los costes económicos de estos laboratorios no se incluyen el proyecto.

INDICADORES DEL GRADO DE CONSECUCCIÓN DE CADA OBJETIVO Y SU CUANTIFICACIÓN NUMÉRICA

1. Se elaborarán un informe de avance y otro final durante las reuniones de los especialistas responsables, que se llevarán a cabo en octubre de 1998 y en mayo del año 2000, respectivamente.
2. Los informes serán presentados por Nora Nasazzi, Coordinadora Técnica del Proyecto sobre Cooperación y Desarrollo con Iberoamérica en Dosimetría Biológica a Juan José Peña Bernal, Coordinador General del Proyecto Iberoamericano.
3. El Coordinador General presentará un informe del grado de alcance de los objetivos planeados ante las autoridades de la Junta de Extremadura.
4. Las Sociedades de Protección Radiológica de los países correspondientes serán las entidades responsables de certificar la recepción e inventariar los equipamientos donados por la Junta de Extremadura.

Juan José Peña Bernal



PRIMER CONGRESO IBEROLATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE FÍSICA MÉDICA (México, 22-25 de noviembre de 1998)

Este evento está organizado por la Asociación Latinoamericana de Física Médica (ALFIM) y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM) bajo los auspicios de diversas organizaciones nacionales e internacionales.

El programa académico incluye presentaciones orales, carteles, cursos pre-congreso, conferencias magistrales, mesas redondas, talleres e intercambio de software.

Los temas del Congreso son: dosimetría, calibración, programas de garantía de calidad, radiobiología, modelación, simulación y computación, protección

radiológica, accidentes con radiación, TLD, legislación y normas relativas a protección radiológica y física médica, análisis de imágenes médicas e instrumentación, educación y postgrados, metrología de radiaciones, experiencia iberoamericana en Física Médica en radioterapia, radiología diagnóstica, medicina nuclear, resonancia magnética nuclear y temas afines.

Asimismo, del 9 al 20 de noviembre se llevará a cabo el curso "Dosimetría y planificación de tratamientos en radioterapia" auspiciado por el OIEA, y del 16 al 20 de noviembre se realizarán los cursos: "Protección Radiológica y garantía de

calidad en el diagnóstico médico con rayos X", "Radiobiología para físicos y médicos", "Programa de garantía de calidad en Medicina Nuclear", "Braquiterapia con alta tasa de dosis, calibración, dosimetría y planeación", "Dosimetría termoluminiscente en aplicaciones médicas" e "Imagenología con Resonancia Magnética Nuclear".

Se prevé un número limitado de becas para el Congreso y cursos. La fecha límite para presentar los resúmenes es el 30 de junio. Para mayor información visitar la página en Internet:

<http://cueyatl.uam.mx-alfim>

Durante los días **13, 14 y 15** del próximo mes de **noviembre**,
la SEFM, en colaboración con la SERP,
tiene previsto celebrar en Madrid un curso sobre

"Control de Calidad de la Instrumentación en Medicina Nuclear",

coordinado por Pilar López Franco, Marina Téllez y Natividad Ferrer.

Las clases teóricas se celebrarán en el Hospital de la Princesa
y las clases prácticas se impartirán en distintos hospitales.

**Radiaciones ionizantes:
aplicaciones, riesgos y protección**
AEN/OCDE, 1997



Este documento ha sido editado por la Agencia de Energía Nuclear (NEA), de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Esta Agencia tiene como objetivo principal promover la cooperación entre los gobiernos de los países que han desarrollado la energía nuclear para usos pacíficos, como fuente de energía segura, aceptable para el medioambiente y económica.

La Agencia de Energía Nuclear intenta atender a la exigencia de divulgar todos los aspectos relacionados con este tipo de energía, entre el público en general y entre quienes están implicados en cualquier actividad asociada, mediante la elaboración de una serie de documentos detallados sobre las áreas de interés, en un formato útil para las entidades implicadas y fácilmente comprensible para el público no especializado interesado en estos temas.

El documento "Radiaciones Ionizantes: Aplicaciones, Riesgos y Protección" se integra en esta serie.

Este documento se divide en 7 capítulos, comenzando por un primer capítulo de introducción histórica del descubrimiento de las radiaciones ionizantes, la energía nuclear y los riesgos y efectos beneficiosos de las mismas.

El segundo capítulo hace referencia a las aplicaciones de las radiaciones ionizantes: medicina, producción alimentaria, industria, medioambiente, arqueología y otros.

El tercer capítulo se centra en los tipos de fuentes radiactivas, distinguiendo entre las naturales (cósmica, presentes en la naturaleza, etc.) y las artificiales (médicas, explosiones nucleares, generación de electricidad, industriales, etc.).

El cuarto capítulo cubre los aspectos relacionados con los efectos de las radiaciones ionizantes: deterministas, estocásticos, cánceres producidos por las radiaciones ionizantes, índice de anomalías radioinducidas transmitidas a la descendencia, índice de efectos beneficiosos y estimación del riesgo de efectos estocásticos.

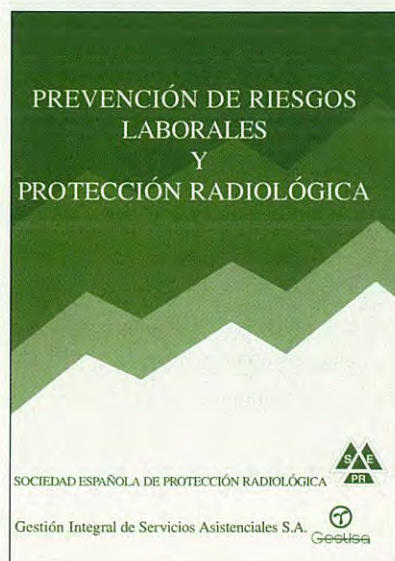
El quinto capítulo establece los principios de Protección Radiológica: justificación, optimización y límites de dosis, así como todos los aspectos derivados de su aplicación. Distinción entre práctica e intervención, establecimiento de límites de dosis para trabajadores y miembros del público debido a las prácticas, niveles de referencia para las intervenciones (situaciones de urgencia y situaciones de exposición crónica) y la implantación práctica de la protección radiológica. El sexto capítulo trata sobre los aspectos sociales y económicos asociados a las radiaciones ionizantes: problemas éticos, percepción del riesgo, comunicación al público, el coste de la protección, el valor de una "vida humana", estimación del coste de la exposición a las radiaciones, estimación del coste de un perjuicio futuro.

El último capítulo hace una referencia a las iniciativas y perspectivas de futuro. En concreto se analiza la relación entre la dosis y el riesgo, las exposiciones profesionales, la exposición crónica del público, el cada vez más complejo sistema de protección radiológica, desarrollos científicos

y la necesidad de seguir manteniendo líneas de investigación y desarrollo.

**Prevención de riesgos laborales y
protección radiológica**

Sociedad Española de Protección
Radiológica
Gestisa
ISBN: 84-923832-0-8

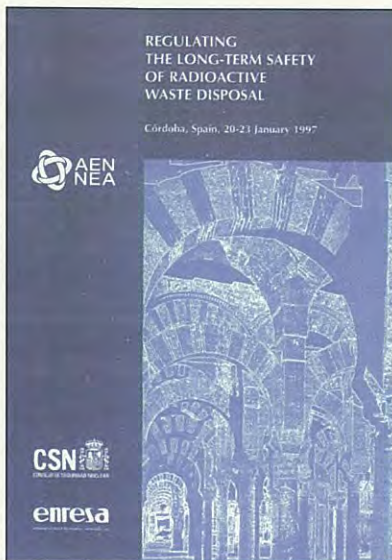


Esta publicación recoge las actas del Seminario sobre "Implicaciones de la nueva normativa sobre prevención de riesgos laborales en la vigilancia médica y en la protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos" organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica el pasado 16 de octubre de 1997, así como los textos de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Su estructura sigue el desarrollo del seminario, incluyendo las intervenciones de la sesión inaugural, las diferentes ponencias, y un resumen de la Mesa Redonda con que finalizó el acto. Su lectura da una visión bastante completa no sólo de la legislación existente sino también de las responsabilidades tanto civiles como penales de los Servicios de Prevención.

**Regulating the Long-term
Safety of Radioactive
Waste Disposal**

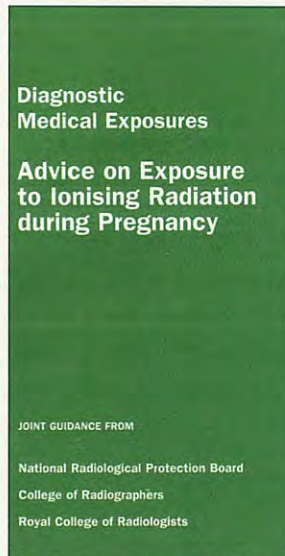
Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
Madrid, 1997
ISBN: 84-87275-72-9



En este libro se presentan los Proceedings del Seminario organizado por The Committee on Nuclear Regulatory Activities (CNRA), the Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH), y the Radioactive Waste Management Committee (RWMC), celebrado en Córdoba del 20-23 de enero de 1997, bajo el auspicio del Consejo de Seguridad Nuclear y ENRESA. Se ha dividido en cinco sesiones, en las que se puede encontrar una amplia información acerca de la situación actual de la regulación de almacenes de residuos radiactivos de alta actividad, de casos prácticos y sus requerimientos, así como un resumen de la legislación nacional en varios países, en materia de almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad.

**Diagnóstico médico por
exploraciones radiológicas
durante el embarazo.**

Protección del feto
National Radiological Protection Board
College of Radiographers and Royal College
of Radiologists 1998
ISBN: 0-85951-420-X



El NRPB del Reino Unido, conjuntamente con dos Colegios de Radiología, han editado un folleto con recomendaciones para la protección del feto cuando por motivos de diagnóstico médico sea necesario exponer a la madre a radiaciones ionizantes.

Algunos procedimientos modernos de diagnóstico con rayos X pueden suponer a los pacientes una dosis relativamente grande. Así, por ejemplo, en las exploraciones con Tomografía Computerizada (TC) se pueden recibir dosis del orden de varios o aún decenas de mGy, mayores que las que se reciben con las técnicas normales de diagnóstico con rayos X. Por esta razón, el folleto recomienda que no se apliquen tales procedimientos de diagnóstico en mujeres embarazadas o que puedan estarlo, a no ser que existan razones poderosas de índole médico. La razón que subyace en esta recomendación es la protección del embrión/feto ante la exposición a dosis de radiación relativamente altas, salvo que tal exposición suponga un claro beneficio para la madre.

En 1985, ICRP indicó que la irradiación de la madre por motivos médicos en los 10 primeros días del ciclo menstrual no supondría ningún riesgo al no existir el "conceptus", y que el riesgo adicional en las restantes primeras 4 semanas del período era tan pequeño que no era necesaria ninguna limitación especial a la exposición (recomendación conocida como "regla de las 4 semanas").

NRPB revisó en 1993 esta recomendación, particularmente a la vista de los avances en el conocimiento del cáncer radioinducido y de los efectos genéticos de la radiación. Estos nuevos datos sugieren que el riesgo en el tiempo comprendido entre el día 10 del período actual y la fecha de la siguiente regla, aunque pequeño para la mayoría de los procedimientos de diagnóstico médico, puede ser significativo para las técnicas de mayor dosis. Por ello el NRPB volvió a recomendar la regla de los "10 días" para estas técnicas que suponen altas dosis.

Siempre que sea posible deberán considerarse procedimientos de diagnóstico alternativos a las radiaciones ionizantes en mujeres con capacidad o en edad de procrear. En cualquier caso, para los niveles de dosis que se reciben en las exploraciones diagnósticas con radiaciones ionizantes (rayos X o medicina nuclear), el único efecto adverso de la radiación para el "conceptus" es el riesgo de inducción de cáncer. Ninguno de los otros posibles efectos (muerte, malformaciones, retraso mental severo, crecimiento retardado o efectos hereditarios), presenta un problema importante las bajas dosis que se reciben en el diagnóstico médico.

El folleto está pensado para ser utilizado por los profesionales de la radiología y de la medicina nuclear y ofrece consejos prácticos de como minimizar la exposición del embrión/feto antes de que la situación de embarazo sea conocida por la madre y cómo reducir los riesgos de cualquier exposición a niveles aceptables. El folleto también refiere el conocimiento científico que soporta los consejos prácticos, así como la información más reciente sobre las dosis que se reciben en el Reino Unido en el diagnóstico médico.

CONGRESOS Y REUNIONES

- INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE SAFETY OF RADIATION SOURCES AND THE SECURITY OF RADIOACTIVE MATERIALS**
 Dijon, Francia, 14-18 Septiembre 1998
 IAEA-CN-70. Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria. Tel: 43 1 20600. Fax: 43 1 20607.
 E-mail: official.mail@iaea.org.
 Acreditaciones, dirigirse a: Francisca García López. CIEMAT. Edificio 1. Avda. Complutense 22. 28040 Madrid.
- FIRST EC/ISDE WORKSHOP ON OCCUPATIONAL EXPOSURE AT NUCLEAR POWER PLANTS**
 Malmoe, Suecia, 16-18 Septiembre 1998
 J. M. Willemenot, Comisión Europea, DG XI. Tel: 352 43 0136 358.

Fax: 352 43 103 6280.
 E-mail: jean-marc.willemenor@DG11.cec.be

- JOURNÉES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE RADIOPROTECTION: LA GESTION DES CONTAMINATIONS RADIOACTIVES DE L'ENVIRONNEMENT**
 Saint-Malo, 23-25 Septiembre 1998
 Samuel Lepicard. CEPN-BP 48-92263 Fontenay-aux-Roses Cedex. Tel: 01 46 54 79 12. Fax: 01 40 84 90 34.
 E-mail: lepicard@cepn.asso.fr

- TRAINING COURSE ON THE USE OF MCNP IN RADIATION PROTECTION AND DOSIMETRY**
 Londres, 28 Septiembre-1 Octubre 1998
 Dr. Robert A. Price. Imperial College of Science, Technology and Medicine AMCG, Rm. 405, RSM Building, Prince Consort Road, London SW7 2BP. Tel: 44 171 594 9323. Fax: 44 171 594 9341.
 E-mail: r.a.price@ic.ac.uk.
<http://wrench.et.ic.ac.uk/courses/>

- THE ANNUAL CONFERENCE SOCIETY FOR RISK ANALYSIS-EUROPE. RISK ANALYSIS: OPENING THE PROCESS**
 París, 11-14 Octubre 1998
 IPSN/DPHA/SEGR "SRA Paris Conference. BP 6. 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex. France. Tel: 33 (0) 1 46 54 79 11. Fax: 33 (0) 1 46 54 88 29.
 E-mail: srparis@ipsn.fr

- 24 REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA**
 Valladolid, 14-16 Octubre 1998
 Campoamor 17. 28004 Madrid. Tel: 91-308 63 18. Fax: 91-308 63 44.

- IV CONGRESO REGIONAL IRPA SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR**
 La Habana, Cuba, 19-23 Octubre 1998
 Rosario Gil Portela. Emma Proenza Suarez. Agencia de Energía Nuclear. Calle 20. Nº 4109, 18A y 47. Miramar. Ciudad de La Habana, Cuba. Tel: 537 22 2524. Fax: 537 24 1188.
 E-mail: cien@ceniai.cu

- LEGISLATION ON RADIOPROTECTION IN THE EUROPEAN UNION**
 Bologna, 27-28 Octubre 1998
 E. Chinni. I-40136 Bologna, Via dei Colli 16. Tel: 0039-51-6098262. Fax: 0039-51-6098053.

- WORKSHOP ON QUALITY CRITERIA FOR COMPUTED TOMOGRAPHY**
 Aarhus, Dinamarca, 13-14 Noviembre 1998
 Aarhus Kommunehospital. DK-8000 Aarhus C. Tel: 4589492591. Fax: 459492590.

- IRPA 10. THE 10TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION**
 Hiroshima, Japón, 14-19 Mayo 2000
 Japan Convention Services, Inc. Nippon Press Center Bldg. 2-2-1, Uchisawai-cho, Chiyoda-ku. Tokyo 100, Japan. Tel: 81 3 3508 1214. Fax: 81 3 3508 0820.
 E-mail: irpa10@convention.jp

CURSOS ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA

Formación en Protección Radiológica

Avenida Complutense, 22

28040-MADRID

Teléfono 346-62-98 Fax: 346-60-05

E-mail: fjavier@ciemat.es

PROGRAMACION DEL 2º SEMESTRE DE 1998

- 21/09-25/09** Dosimetría Interna (CSN)
- 28/09-23/10** Supervisores de Instalaciones Radiactivas

- 12/10-16/10** P.R. para Operar Instalaciones de R.X. con fines médicos (Examen: 19 oct.)
- 26/10-30/10** Aplicación de los Métodos de Montecarlo en física de las radiaciones
- 02/11-06/11** P.R. para Dirigir Instalaciones de R.X con fines diagnósticos (Examen: 9 nov.)
- 16/11-18/11** Espectometría Alfa
- 23/11-27/11** Avances en Radiobiología (SEPR)
- 30/11-04/12** Evaluación de la seguridad del almacenamiento de Residuos Radiactivos superficiales (CSN)



*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.

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 **pc-triplicado**, al Comité de Redacción de la Sociedad Española de Protección Radiológica, c/ Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.*

1. Originales:

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 y fotografías o anexos, que acompañan al artículo, no entran en el cómputo de los diez folios.

1.3 El texto escrito se acompañará del correspondiente diskette en cualquier lenguaje informático habitual.

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 en español y en inglés

Tendrán una extensión máxima de 150 palabras y deberán estar redactados de forma que den 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. Referencias Bibliográficas

Al final de todo artículo deberá indicarse 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, procurando que la información no se duplique entre sí.

Las **fotografías** pueden enviarse en papel o en formato diapositiva, en color o blanco y negro.

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.

SIEMENS



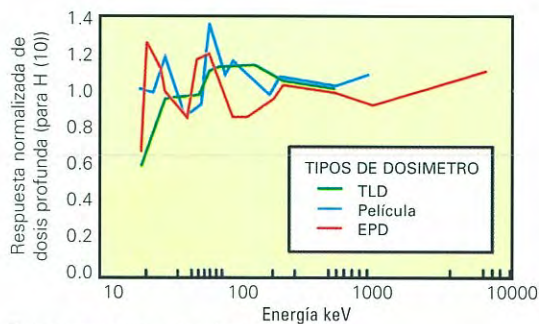
EPD Dosímetro Personal Electrónico

La seguridad nunca ha sido tan sencilla

El nuevo y compacto Dosímetro Personal Electrónico, combina las necesidades de vigilancia con las funciones adicionales de una unidad de alarma.

El desarrollo en colaboración entre Siemens y NRPB, ha dado como resultado el dosímetro EPD, que proporciona información instantánea más precisa y para umbrales más bajos de dosis, que métodos más complejos utilizados hasta ahora.

- Mide rayos X y radiaciones beta y gamma.
- De acuerdo a los últimos valores ICRU, $H_p(10)$, $H_s(0,07)$.
- Alarmas programables, respuesta instantánea e indicación de acuerdo con los criterios ALARA.
- Batería con vida media de al menos doce meses.
- Comunicación con sistemas dosimétricos de registro.



Respuesta comparativa de energía

Siemens, S.A.
División KWU
Ornese, 2 - 28020 Madrid
Tel.: (91) 555 65 00
Fax: (91) 556 68 40

ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de
las centrales nucleares europeas

Diseño, fabricación y
suministro de elementos
combustibles para reactores
de agua a presión (PWR)
y de agua en ebullición (BWR)



 **ENUSA**

Santiago Rusiñol, 12 • 28040 MADRID
Tel.: (91) 347 42 00 Fax: (91) 347 42 15
Télex: 43042 URAN-E