

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



- ✓ *El mapa de **RADIACIÓN NATURAL** y **DOSIMÉTRICO** de España*
- ✓ *La **ACREDITACIÓN PROFESIONAL** en **Protección Radiológica***
- ✓ *Informe **UNSCEAR 1993***
- ✓ ***EFFECTOS BIOLÓGICOS** de las dosis bajas*

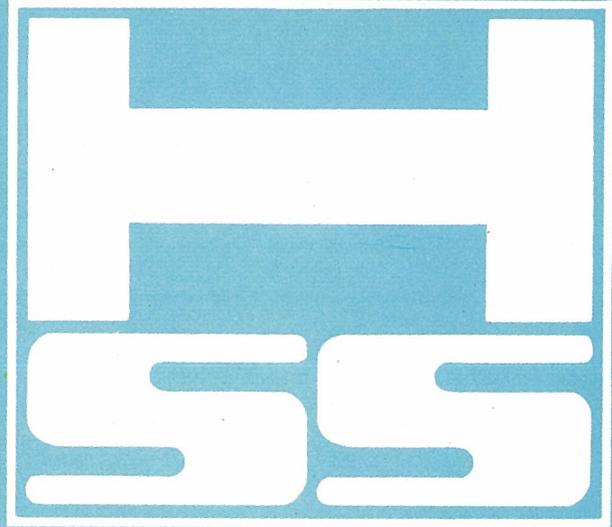
Nº 7 • Vol. II • 1994

DISEÑO, SUMINISTRO Y MANTENIMIENTO A SU SERVICIO

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

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

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



HELGESON S. S.

DISTRIBUCION Y SERVICIO TECNICO OFICIAL DE:



eberline



LUDLUM MEASUREMENTS, INC.



ISOTOPE PROD. LABORATORIES

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

union



NUCLEAR RESEARCH CORPORATION



RADIOL-CHEMICAL TECHNOLOGY



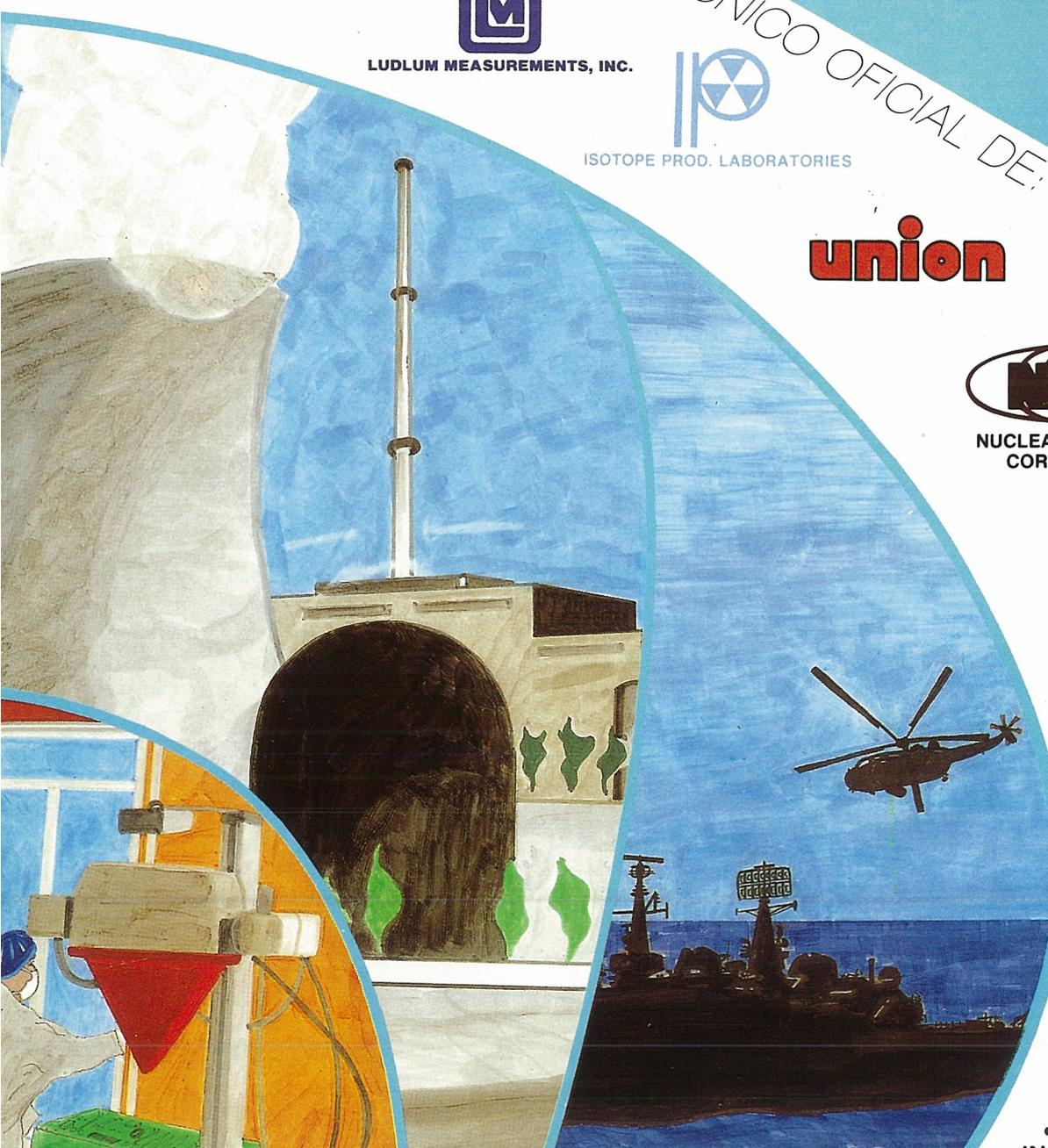
HUMANOID SYSTEMS

SPECTREX
CORPORATION



• DOSITEC

• CHEMCHK
INSTRUMENTS INC





RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº7 Vol.II • 1994

Director Leopoldo Arranz

Comité de Redacción
Coordinadora: María Teresa Macías

David Cancio, Teresa Ortiz y Margarita Sierra

Comité Científico
Coordinador: Antonio Delgado

Josep Baró, Pedro Carboneras, José M^a García Quiros, Eugenio Gil, Fernando González, José Gutiérrez, Miguel Herrador, Jerónimo Iñiguez, Ildefonso Irún, M^a Cruz Lizuain, Antonio R. Lopez, Gloria Martí, Luis M. Martín Curto, Armando Merino, Cristina Núñez, Pilar Olivares, M^a Cruz Paredes, Vicente Pastor, Turiano Picazo, Santiago Quindos, José Carlos Saez, Antonio Salvador, M^a Luisa Sánchez-Mayoral, Angeles Sánchez, Carlos Sancho, Matilde Santos, Luis M. Tobajas, Manuel Tormo y Eliseo Vaño.

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

Junta Directiva de la S.E.P.R.
Presidente: Leopoldo Arranz
Vicepresidente: Eduardo Sollet
Secretario: Manuel Fdez. Bordes
Tesorera: M^a Teresa Ortiz
Vocales: Ignacio Amor
David Cancio
Andrés Leal
Juan José Peña
Montserrat Ribas

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

Imprime MULTIPRINT IBERICA, S.L.
Distribuye JARPA

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

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

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

✓ Editorial	4
✓ Colaboraciones	5
• RADIACIÓN NATURAL EN ESPAÑA	5
"El mapa de radiación natural y dosimétrico de España (proyecto MARNA)"	
<i>E. Suárez Mahou y J.A. Fernández Amigot</i>	
• ACREDITACIÓN PROFESIONAL	19
"Establecimiento y mantenimiento de la acreditación profesional en protección radiológica"	
<i>F.X. Massé</i>	
✓ Contribuciones invitadas	25
"Informe 1993 del Comité Científico del UNSCEAR"	25
<i>Burton Bennett</i>	
"Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante"	31
<i>Abel J. González</i>	
✓ Noticias S.E.P.R.	51
✓ Informaciones de interés	61
✓ Cartas al director	73
✓ Convocatorias	76
✓ Publicaciones	77

E

ste nuevo número de RADIO-PROTECCION, estimado lector, socio y amigo, aparece, como puedes comprobar,

con el número 7. Este dígito es el resultado de la suma de todos los números de la revista editados por la S.E.P.R. hasta el momento. Detrás de esta decisión de la Junta Directiva está la de unificar las épocas pasadas con un espíritu continuista y a la vez renovador.

Si difícil fue ver nacer aquel número cero, en 1991, -bien recordará el entonces presidente Pepe Vidal los obstáculos superados- no menos duro va a ser mantener e incluso superar, número a número, el nivel alcanzado y deseable tanto en contenido científico como en información y difusión; entendiendo por lo primero el aporte a cada lector de los conocimientos sobre los últimos avances en nuestra especialidad y por lo segundo, el llevar a cada socio todas las noticias relacionadas con nuestro campo así como las actividades que realiza la S.E.P.R. - aunque no haya podido participar activamente en ellas-

Pero si, además de ello, hemos

conseguido que nuestra revista llegue ya a todos los países representados en la IRPA, más Portugal, Marruecos, Argelia, Túnez y Cuba y, al mismo tiempo, a todos los organismos internacionales relacionados con la P.R. (OIEA, NEA-OCDE, UE, ICRP, IRPA) no es mérito sólo de quienes conducen el "carro" sino de todos aquellos que, de una forma callada, colaboran y animan desde el comité científico y de redacción. Precisamente, con este número que tienes entre tus manos, observarás que estos comités se van renovando. Unos dejan paso a otros, como es ley de vida, para que el espíritu de la antorcha permanezca vivo. Desde aquí envío un caluroso y sincero abrazo tanto a los vocales salientes, agradeciéndoles, en nombre de la Junta Directiva, su labor realizada, como a todos los vocales entrantes, animándoles a continuar y superar el nivel conseguido hasta el momento.

Volviendo al presente, en este nuevo número que nos ocupa, aparecen los diferentes grupos de trabajo que se han organizado y aquellos que están en proyecto. Dado que todavía se están recibiendo adhesiones, hemos preferido esperar al próximo número para informarte sobre su composición. Lo que sí te adelantamos son los socios que van a coordinarlos y los primeros objetivos que se van a proponer. La última palabra la tendrán, como no, los

propios grupos. En el caso de que te decidas a participar en alguno de ellos, tu colaboración será bienvenida. Es importante que sepas que estos grupos serán los encargados de estrechar relaciones con otras Sociedades científicas así como de colaborar conjuntamente con los organismos relacionados con su línea de trabajo.

Quizás, leyendo los objetivos de estos grupos, te llamará la atención el que nos hayamos embarcado en la traducción del documento ICRP-60 al castellano. Te adelanto que no sólo la traducción se encuentra ya muy avanzada, sino que, además, la ICRP nos ha concedido su respaldo oficial, por lo que tendremos la oportunidad de contar con un valioso documento.

Con este número, también aparecen nuevas secciones: "Flashes informativos", "Tablón de los grupos de trabajo" y "Entrevista", para cuya inauguración he sido designado por "mandato expreso" del Comité de Redacción.

Ya ha empezado a nevar por estas latitudes y ya se oyen campanas a lo lejos. Desde aquí, te deseo no sólo una feliz Navidad con vuestros seres queridos sino también un 1995 plagado de éxitos para la Protección Radiológica.

L. Arranz



EL MAPA DE RADIACIÓN NATURAL Y DOSIMÉTRICO DE ESPAÑA (PROYECTO MARNIA)

L

a confusión creada por el accidente producido en uno de los reactores nucleares de Chernobyl, en abril de 1986, concienció al público en general y a los gobiernos sobre la necesidad de conocer mejor la incidencia de la radiación en el medio ambiente. Para poder determinar la magnitud del desastre surgieron de inmediato dos preguntas:

1) ¿Cuál ha sido el alcance de la contaminación producida y la incidencia de la misma en los niveles de fallout mundial?

2) ¿Cuál es el fondo radiométrico natural en el que la población vive?

Para poder responder a estas dos cuestiones, los expertos dirigieron sus miradas hacia los posibles bancos de datos radiométricos existentes y así, los países que habían realizado prospecciones radiométricas de distinta naturaleza, preferentemente con fondos públicos, con el fin de localizar yacimientos de uranio, ensayaron la puesta a punto de la tecnología necesaria para la utilización de estos bancos de datos. El primer gran esfuerzo fue realizado en U.S.A. utilizando los datos generados por la espectrometría de las prospecciones aéreas realizadas durante el desarrollo del proyecto National Uranium Resources Evaluation (NURE).

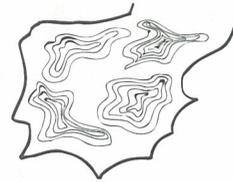
En España, las prospecciones aéreas realizadas durante los treinta años de vigencia del extinto Plan Nacional de Exploración e Investigación del Uranio (PNEIU), cubrieron aproximadamente dos terceras partes del territorio nacional a malla kilométrica, con registro continuo de la radiación gamma total y en algunos casos con discriminación de la radiación procedente de Uranio, Torio y Potasio, radiación cósmica y radón. Otro porcentaje de la superficie fue cubierto mediante prospecciones autoportada y a pie, en gran medida en áreas que ya habían sido cubiertas mediante la prospección aérea.

**Enrique
Suárez
Mahou.**

*Director Responsable
del Proyecto.
Consejo
de Seguridad
Nuclear (CSN).
C/Justo Dorado, 11
28040 Madrid
(Tlf.: 346.02.30)*

**José A.
Fernández
Amigot.**

*Director Técnico
del Proyecto.
Empresa Nacional
del Uranio, S.A. (ENUSA)
C/Santiago Rusiñol, 12
28040 Madrid
(Tlf.: 347.43.32)*



One of the consequences of the Chernobyl accident (April 1986) was a great public and governmental concern on the incidence and effects of nuclear radiations in the environment. In order to determine the importance of a possible problem, two fundamental questions immediately arose:

1)What is the amount of contamination produced and what is its incidence in the world fallout levels.

2)What is the natural radiometric background in the areas in which the affected population lived.

In order to answer these two questions the experts looked at the already existing radiometric data banks. Those countries that in the past developed radiometric surveys, mainly related with Uranium prospecting activities, tried to use the data so generated.

In the USA, for example, the spectrometric data produced by the project "National Uranium Resources Evaluation" (NURE) were employed to help producing national radiometric maps.

In Spain, the data obtained in aerial prospectings made during the thirty years of existence of the now finished Plan Nacional de Exploración e Investigación del Uranio (PNEIU), provided data for approximately 2/3 of the national territory. These data provided a continuous register for the total gamma radiation. In some cases additional discrimination of the contributions from Uranium, Thorium, Potassium, cosmic radiation and Radon was also given. The aerial produced data were complemented in some areas by land measurements made using portable instruments carried either on foot or by car.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, muchas universidades y organismos de Europa y U.S.A. han realizado estudios encaminados a establecer las metodologías necesarias para cuantificar los niveles de radiactividad existentes en el medio ambiente de origen natural, antropogénico y tecnológico.

Diferentes propuestas han surgido para responder rápidamente ante una situación de emergencia en el caso de

un accidente nuclear así como para la localización de fuentes radiactivas extraíadas. Los sistemas móviles de control espectrométrico de radiaciones gamma (prospecciones aeroportada y autoportada), se han manifestado como las herramientas más eficaces en este tipo de control para delimitar las superficies de contaminación y localizar las fuentes perdidas en un período de pocas horas (H. Mellander. The Role of Mobile Spectrometry Program for Nuclear Accidents. Experience and Future Plans. IAEA. 1993).

Actualmente se trabaja en la aplicación e informatización en tiempo real de los datos obtenidos en espectrómetros móviles que cubren el rango energético de las radiaciones gamma comprendidos entre los 40 y 3000 keV, con 256 canales y volumen de detector de 16 l. (litros) (G.F.Swarz. Developement and Calibration of an Airborne Radiometric Mesuring Sistem. IAEA. 1993).

En las prospecciones uraníferas realizadas durante la vigencia del PNEIU, se trabajó siempre dentro del rango energé-

tico antedicho, utilizándose en casi todas las ocasiones espectrómetros de parámetros muy superiores a los que hoy se especula para su modelización (p.e. Lama 4 de 512 canales y 33l.) (1).

Países como Polonia, dentro de su programa denominado "Protection of Lithosphera", utilizan la espectrometría gamma para realizar mapas radioecológicos relativos a: Cartografía de la polución por Cesio después del accidente de Chernobyl, compilación de la distribución de mapas de radioelementos necesaria para preparar el mapa de riesgos de radón y calcular la dosis efectiva y, la estimación de la concentración y distribución de la polución con Uranio y Radio de los sedimentos recientes de los ríos Vístula y Oder, provocada por las aguas contaminadas procedentes de las minas de la Cuenca Carbonífera de la Alta Silesia.

Suecia utiliza la espectrometría gamma en sistemas móviles (prospecciones aérea y autoportada), para la determinación de los fondos radiométricos naturales (background), así como para la cartografía de anomalías (Hans Mellander. The use of Mobile Gamma Spectrometry in Sweden. Swedish Radiation Protection Institute. IAEA. 1993).

Varios países U.K., Suecia, R. Checoslovaquia, Eslovenia, Polonia etc, utilizan también los datos de la exploración del uranio para cartografiar el potencial de Radón de sus países. (The Use of Uranium Exploration Data for Mapping Radon Potential in U.K. Advantages and

Pitfalls. T. K. Ball. IAEA. 1993. The Role of Airborne Gamma Spectrometric Data in the Radon Program of the Czech Republic. I. Barne et al. IAEA. 1993).

Estos trabajos recientes fueron, en gran medida, promovidos y a veces subvencionados por el Organismo Internacional de Energía Atómica consciente de la necesidad de establecer los niveles de radiación natural en Europa.

También la Comisión de las Comunidades Europeas propuso un proyecto de investigación relativo a la elaboración de un Atlas de Radiación Natural de Europa. Para programar la ejecución del citado Atlas, la Comisión de las Comunidades Europeas realizó un estudio piloto que demostró que las dificultades técnicas para llevar a cabo el proyecto no eran insuperables. Varios ensayos de Atlas y mapas nacionales han sido realizados desde entonces, con los datos aportados por muchos científicos de las Comunidades y estados vecinos (p.e. EUR 14.470. 1993).

El CSN estimó procedente que España abordase el tema, partiendo de la información que se dispone sobre el caso y de medidas de campo complementarias en zonas poco o nada cubiertas radiométricamente. La contribución española se referirá por lo tanto a la radiación natural debida al componente cósmico y al relativo a la radiación gamma procedente del suelo en exteriores. Todo ello debería realizarse de acuerdo con los estándares comunitarios sobre la cuestión, de forma que sea posible la integración de la infor-

mación española con la obtenida por los demás países participantes en la elaboración del Atlas de Radiación Natural de Europa.

La Ley 15/80 de 22 de abril y el Real Decreto 1157/82 de 30 de abril, encomiendan al CSN el establecimiento de planes de I+D en materia de su competencia y en consecuencia, este organismo está interesado en la realización de un Mapa de Radiación Natural de España.

El Real Decreto 296/1979 de 7 de diciembre (BOE 14.01.80) encomendó a ENUSA la realización del PNEIU que, hasta entonces, venía desarrollando la Junta de Energía Nuclear (JEN). Ello ha motivado que la totalidad de la documentación producida por los sucesivos programas sobre la cuestión, se hallen en los archivos de ENUSA. Asimismo, ENUSA dispone de los medios y tecnología necesaria para la realización del Proyecto MARNA.

Por lo que antecede, ambos organismos, en diciembre de 1991 suscribieron un Convenio para la realización del Proyecto MARNA.

La presente publicación actualiza y complementa las que anteriormente han sido publicadas por los mismos autores y que figuran en la bibliografía adjunta.

OBJETIVOS DEL PROYECTO MARNA

El Proyecto, con una duración de cuatro años (Diciembre de 1995), persigue

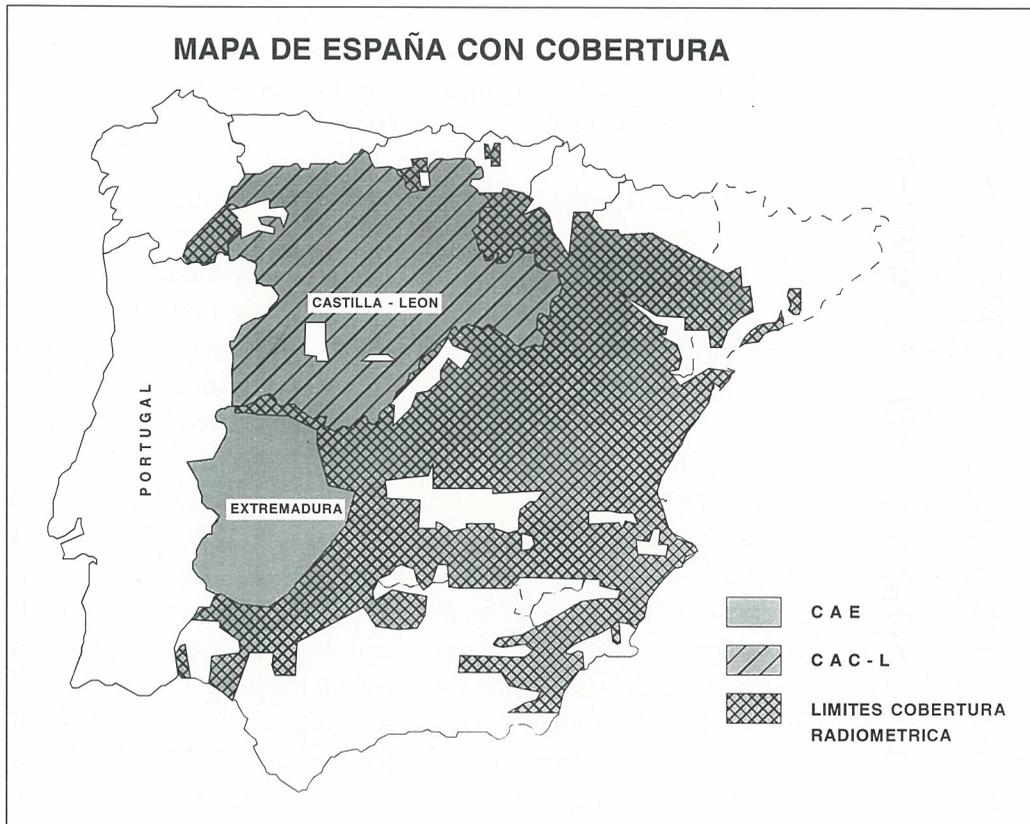
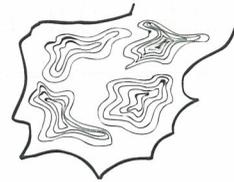


Figura 1

la realización de un mapa de radiación natural y otro dosimétrico de España a escala 1:1.000.000. Para alcanzar el citado objetivo, estaba prevista una fase previa de prueba consistente en la elaboración de: Un mapa de piloto de radiación natural y otro dosimétrico a escala 1:50.000 de cuatro zonas (hojas 1:50.000) españolas de especial interés y un mapa de radiación natural y otro dosimétrico a escala 1:200.000, de dos Comunidades Autónomas en las que se disponga de datos suficientes para la realización del Proyecto.

Esta fase previa ya ha sido realizada y

las Comunidades Autónomas elegidas han sido las de Extremadura (CAE) y de Castilla-León (CAC-L). Más adelante se incidirá sobre la calidad de los resultados conseguidos.

BANCO DE DATOS DISPONIBLES

Los datos radiométricos de nuestro país proceden de las campañas de exploración de yacimientos de uranio realizadas primero por la JEN y posteriormente por ENUSA (Fig. 1)

La profundización en el conocimiento de la metalogía de los yacimientos de ura-

nio amplió el campo de la exploración de los yacimientos radiactivos al incrementar los ambientes geológicos favorables para albergarlos (yacimientos en pegmatitas, conglomerados, sedimentarios, de inconformidad etc.). Esto motivó el que la exploración en España se dirigiera en fases sucesivas desde los granitos a las zonas metamórficas (Macizo Hespérico) y con posterioridad a las cuencas sedimentarias continentales (valles del Duero, Ebro, Tajo etc.).

Simultáneamente las técnicas de exploración radiométrica fueron evolucionando, pasándose en la exploración aérea de los aparatos de cuentas totales a los vuelos espectrométricos multicanales con registros de Uranio, Torio y Potasio, radiación total y radón. En todos los casos las campañas de prospección aérea se realizaron a malla kilométrica, con registro continuo y altura de vuelo inferior a los 120 m. Todos los valores fueron corregidos y reducidos al suelo, aunque sus sistemas de medidas, características de las mismas y unidades no son uniformes. (Figs. 2, 3 y 4)

También contribuyeron a la generación del banco de datos las campañas de prospecciones radiométricas autoportadas, las cuales se hicieron con aparatos de cuentas totales y registro continuo.

En zonas de especial interés se realizaron campañas de prospección a pie utilizando mallas de reconocimiento comprendidas entre los 200 m y menos de 1 m, según los casos. Finalmente se realizaron multitud de informes de evaluación geológico-radiométrica en las zonas de anomalías y/o yacimientos.

Este impresionante y heterogéneo banco de datos afecta aproximadamente a dos tercios de la superficie peninsular, (Fig 1), y de esta cobertura aproximadamente un 90% corresponde a prospecciones aéreas del tipo de las que se ven en las figs. 2,3 y 4.

Al ir evolucionando las prospecciones del tipo regional a la local y de detalle, (en líneas generales de las prospecciones

aéreas a las prospecciones autoportadas y a pie), existen grandes superficies de solape que ayudan al establecimiento de correlaciones entre medidas de radiación realizadas entre equipos diferentes.

BANCO DE DATOS GENERADO POR ENUSA HASTA OCTUBRE DE 1994

Los datos generados han venido condicionados por las tecnologías puestas a punto por ENUSA y por los presupuestos

del proyecto MARNA, pudiendo resumirse en los siguientes tipos:

- ◆ Rellenos con prospecciones a pie de blancos radiométricos menores.
- ◆ Rellenos con prospecciones autoportadas de blancos radiométricos mayores (unos 4000 km. lineales).
- ◆ Tomas de datos en sobre el terreno

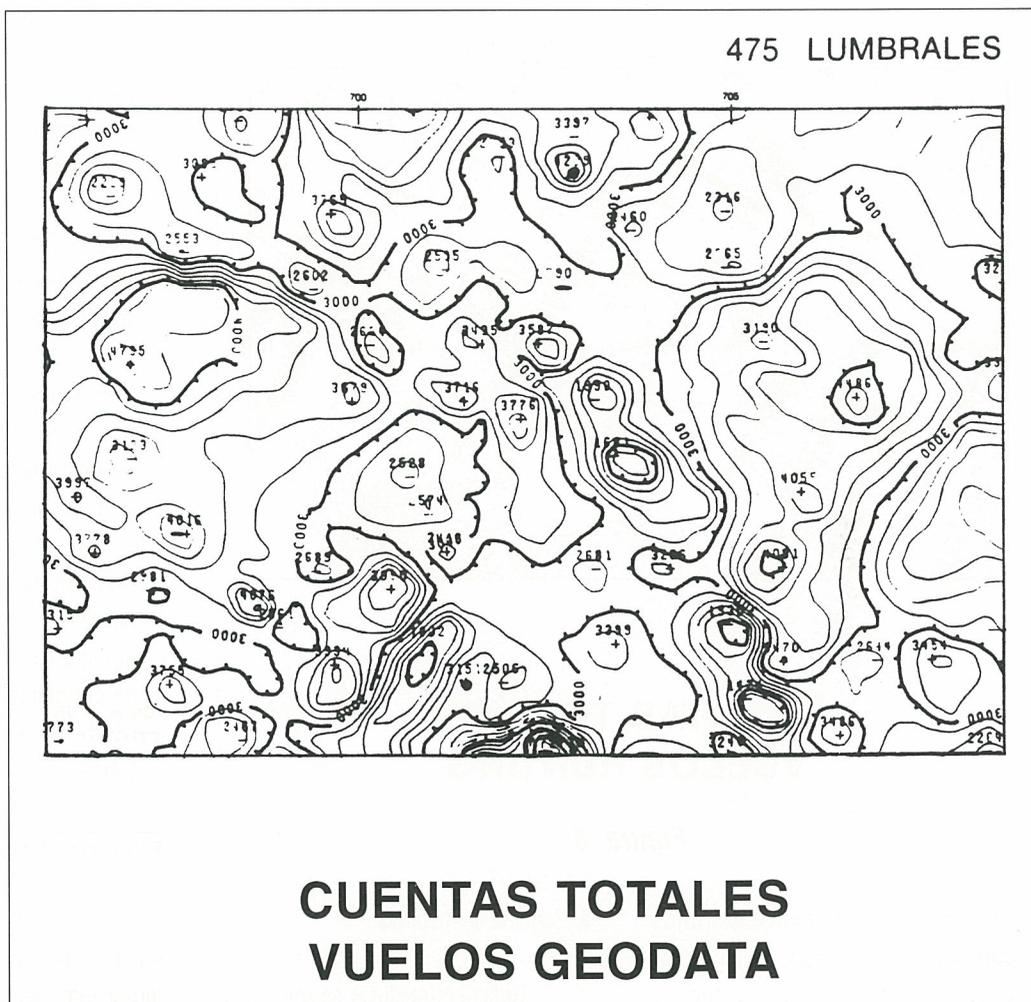


Figura 2

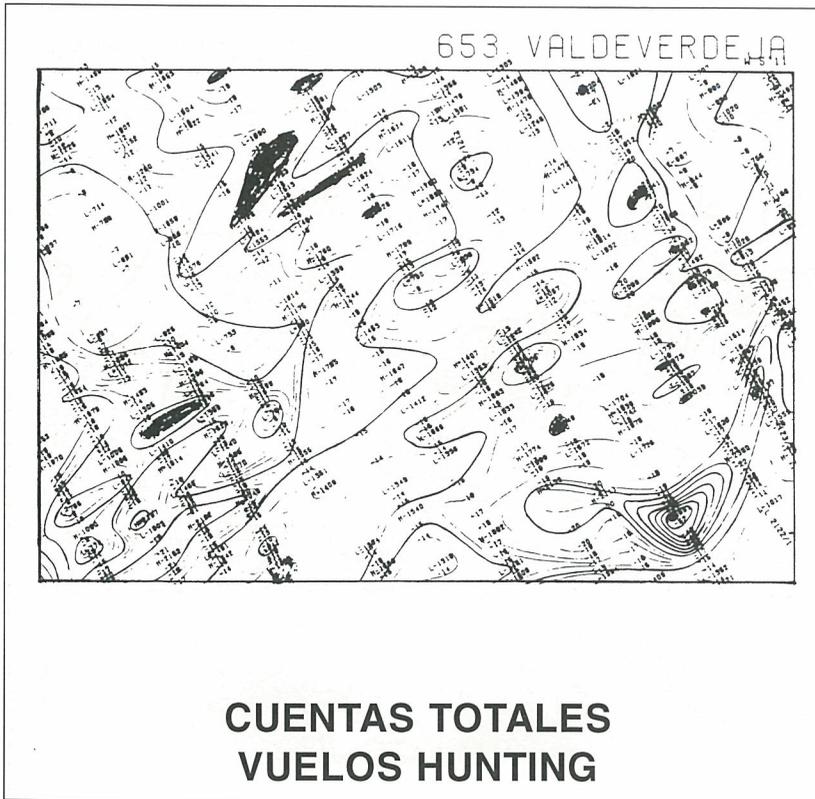
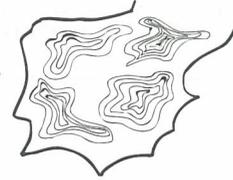


Figura 3

en plataformas radiométricas (unos 7000).

- ◆ Toma de datos para correlaciones geología-radiometría.

Todos estos datos han sido aplicados a los mapas radiométricos a escala 1:200.000 de las Comunidades Autónomas de Extremadura y Castilla-León.

TECNOLOGIAS PUESTAS A PUNTO POR ENUSA

Se han puesto a punto entre otras las siguientes metodologías:

- ◆ Sistema de medidas.

Todas las medidas se refieren a aparatos calibrados en el CIEMAT. La metodología garantiza la correspondencia entre aparatos (mR/h-cps) así como la eliminación de los efectos de las constantes de tiempo y fluctuaciones estadísticas de los aparatos.

- ◆ Correlaciones Tierra (mR/h)-Aire (cps).

La resolución de esta problemática, fundamental para el desarrollo del Proyecto MARN, se hizo de

forma empírica y para ello se tomaron varios miles de lecturas sobre el terreno en las CAE y CAC-L, contrastándolas con sus valores correspondientes en el aire.

- ◆ Establecimiento de correspondencias Aire-Aire entre vuelos de distinta naturaleza.

En la CAE se realizaron los estudios necesarios de correlación entre vuelos HUNTING y GEODATA en un área de solape de vuelos situada en la hoja topográfica 1:50.000 nº 623 (Malpartida de Plasencia). Posteriormente, empleando la misma tecnología se realizaron los estudios de correlación entre vuelos JEN y GEODATA en diversas zonas de la CAC-L.

- ◆ Correlaciones geología-radiometría.

La radiación gamma en la naturaleza está emitida fundamentalmente por los elementos Uranio, Torio y Potasio. Dentro de la serie del Potasio, el único isótopo radiactivo es el K-40, el cual suele existir en una proporción del 0,019%. El 90% de la emisión del K-40 es radiación beta y aproximadamente un 10% corresponde a la radiación gamma de energía 1.460 keV.

La radiación gamma del Uranio en la naturaleza, está emitida fundamentalmente por el Radio y sus descendientes Radio B y Radio C que son los principales emisores de

radiaciones gamma de la familia del Uranio. Las energías radiactivas de estos tres elementos son respectivamente 607, 1120 y 1761 kiloelectrón-voltios (keV).

El Torio contiene Mesotorio $MsTh_2$ (930keV) y Torio C (2620keV) como principales emisores gamma.

Lo anterior indica que, en una tracción aproximada a porcentajes y a los efectos de emisión de radiactividad, existen las siguientes equivalencias: 1 parte por millón (ppm) de U=1,6 ppm de Th=1% de K. En un granito de tipo medio que contenga un 4% de K_2O , 4ppm de U y 13 ppm de Th el equilibrio radiactivo se realiza de la siguiente forma: 23% de los rayos gamma procederían del K-40, 25,5% del U y 51,5% del Th (proporción variable de estos dos últimos).

La radiactividad natural de las diferentes rocas y su contenido geológico medio en uranio es variable según su origen y composición. A grandes rasgos tendremos los siguientes contenidos en ppm:

- Rocas ígneas de alto contenido en sílice..... 4 a 5 ppm
- Rocas ígneas de medio contenido en sílice..... 2 a 3 ppm
- Rocas ígneas de bajo contenido en sílice..... 1 ppm

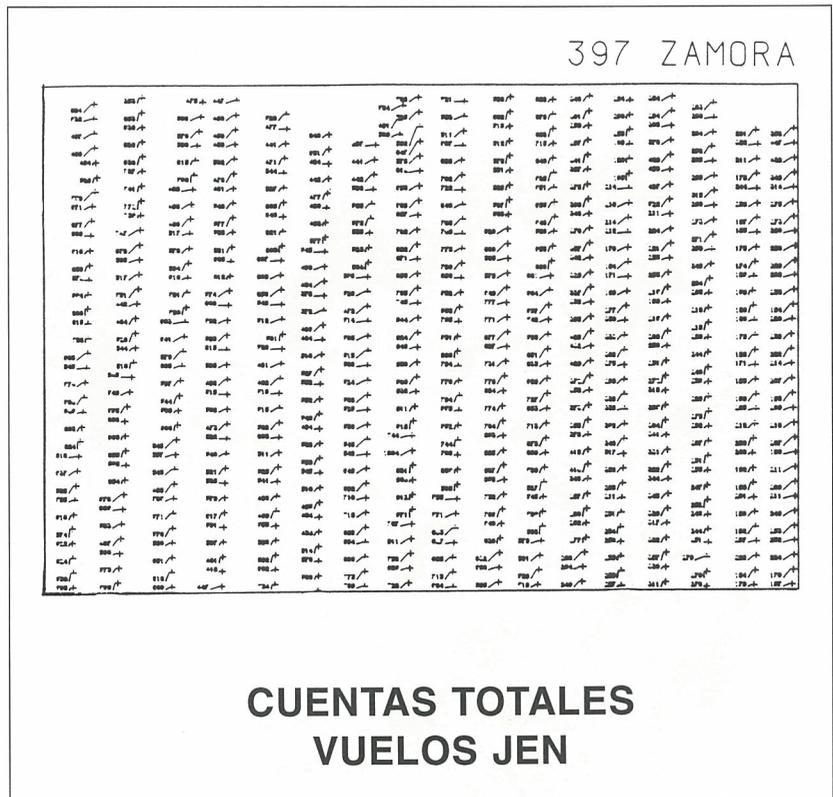


Figura 4

- Rocas sedimentarias 2 ppm
- Aguas del mar..... 0,002 ppm
- Aguas subterráneas 0,0002 ppm
- Petróleo 0,1 ppm

En cuanto a la radiactividad natural, si tomamos como coeficiente 1 el correspondiente a una arenisca silíceas, variará aproximadamente de la forma que se indica a continuación para las rocas consideradas: Aluvión 0,7; arenisca silíceas 1; rocas detríticas 1,1-2; series meta-

mórficas 2-3; neises 3-3,5; granitos calco-alcalinos 3,5-4,5; granitos alcalinos >4,5.

Estos coeficientes tienen un carácter solamente indicativo de la variabilidad radiométrica. Las medidas fueron realizadas con un escintilómetro SPP-2.

El contenido medio en Uranio de las rocas superficiales oscila entre 1 y 2 ppm. Mucho más abundante es el Torio que puede alcanzar proporciones 3 y 4 veces superiores a las del Uranio. Tanto el Torio como el Uranio se encuentran al estado

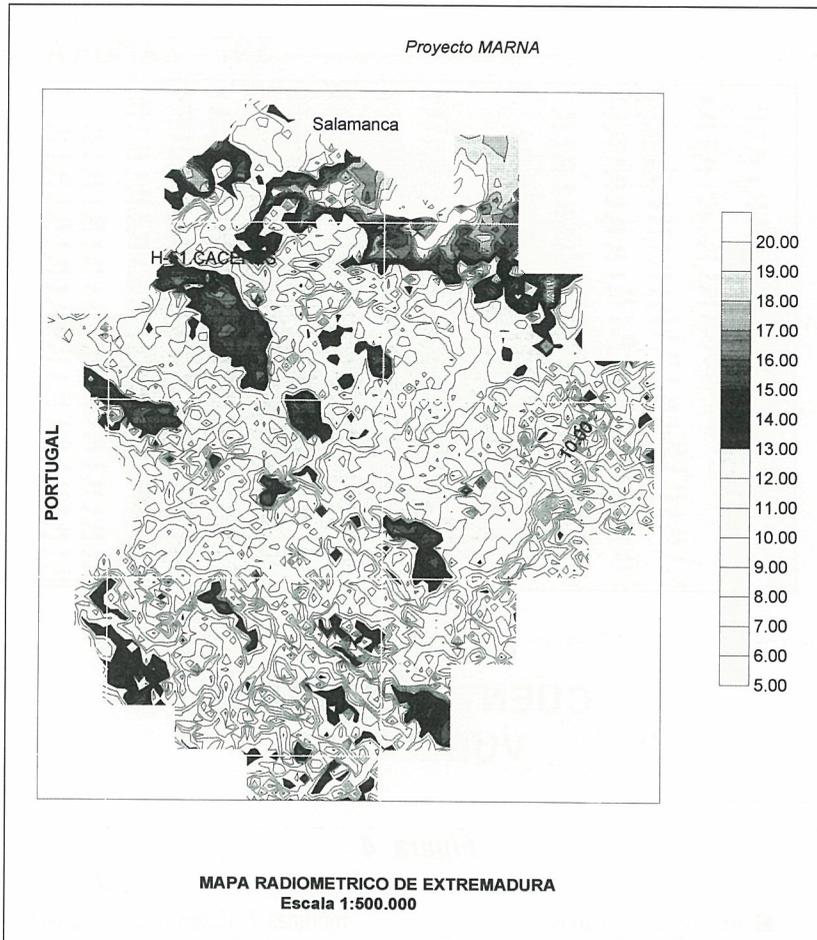
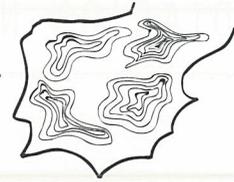


Figura 5

tetravalente, pero mientras el ión U^{+4} en ambiente oxidante pasa a hexavalente, el Torio no cambia de valencia. En condiciones de oxidación el uranio hexavalente forma el ión uranilo (UO_2^{++}) que puede dar origen a numerosos minerales.

Se advierte pues que los caminos del Uranio y del Torio, bien pronto (en términos geológicos) son diferentes, lo cual condicionará inevitablemente la forma de

yacimientos y el contenido geoquímico de las rocas en estos elementos.

El Torio, al ser altamente resistente a la meteorización, se localizará exclusivamente en sus rocas de origen o en concentraciones mecánicas de sus minerales durante el transporte, mientras que el Uranio, en parte seguirá su ciclo lixiviado por las aguas hasta encontrar unas condiciones de deposición y otra

parte podrá permanecer en sus rocas de origen.

Queda patente la problemática que genera la especulación sobre contenidos medios (ppm) de los elementos radiactivos en las rocas así como algunos de los razonamientos que nos han conducido hacia el sistema empírico de correlaciones.

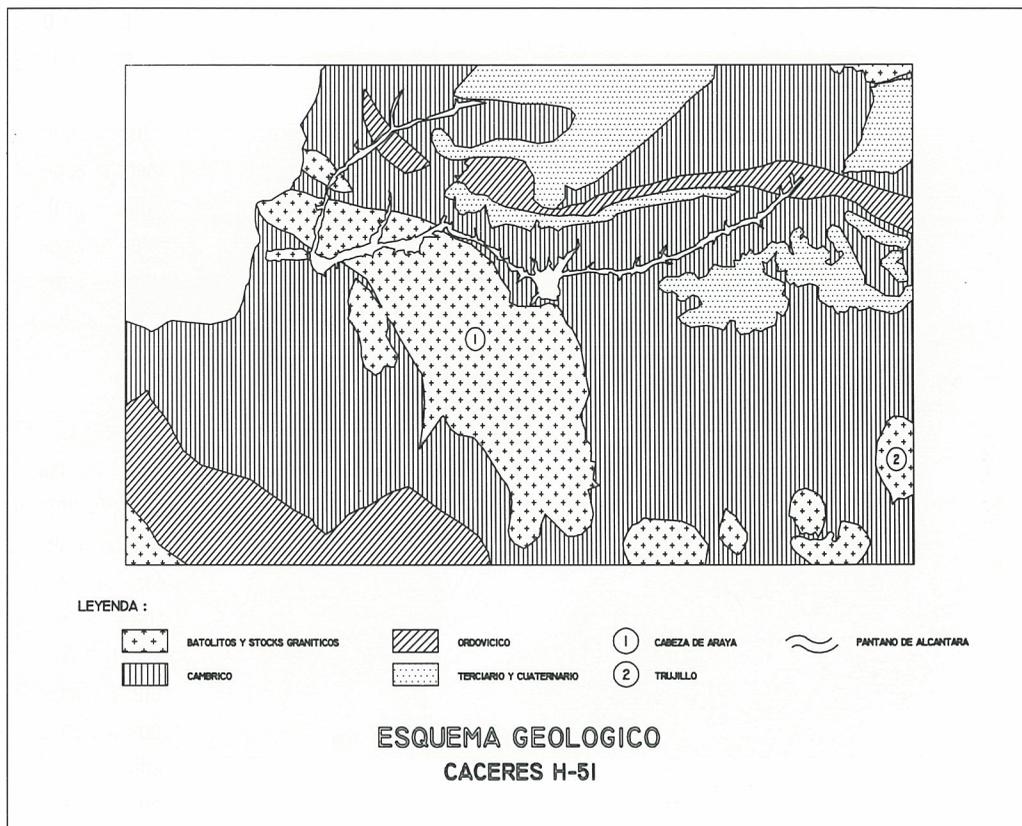
En la CAE existen abundantes ejemplos de correlación geología radiometría, pudiendo apreciarse perfectamente los batolitos graníticos de la Sierra de Gredos, Cabeza de Araya, Montánchez, La Haba e incluso algunos stocks como el de Trujillo. También se aprecian los metamórficos del complejo esquistograuwaquico con sus radiometrías intermedias así como los bajos fondos radiométricos de los llanos calcáreos de la Tierra de Barros. Incluso puede apreciarse a lo largo de decenas de kilómetros el bajo radiométrico de los pantanos del Tajo.

En la CAC-L, el grupo de investigación de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Salamanca que colabora en el Proyecto MARNA, ha realizado, entre otros, varios trabajos de correlación geología-radiometría en la citada Comunidad

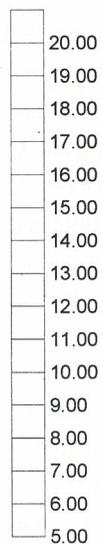
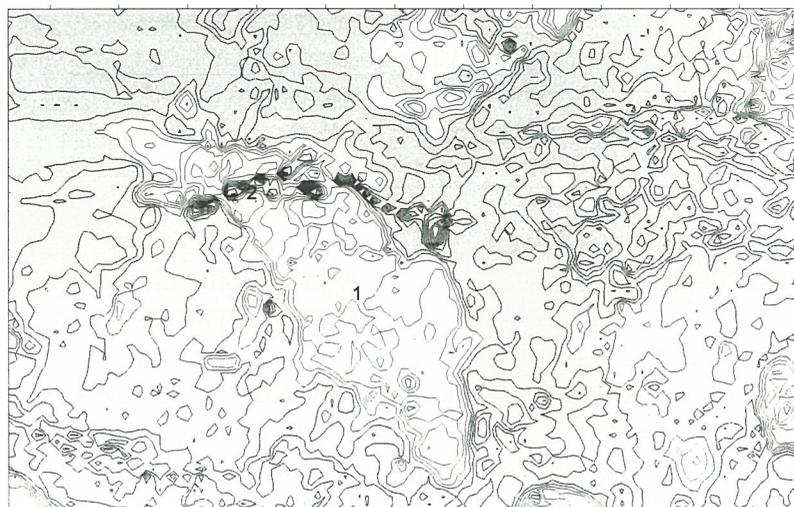
- ◆ Cuadrícula base de partida y extracción de datos de prospecciones aéreas.

Por acuerdo con el CSN se estableció inicialmente una cuadrícula

Figura 6



HOJA-51 CACERES



1. Batolito Cabeza de Araya
2. Pantano de Alcántara

Figura 7

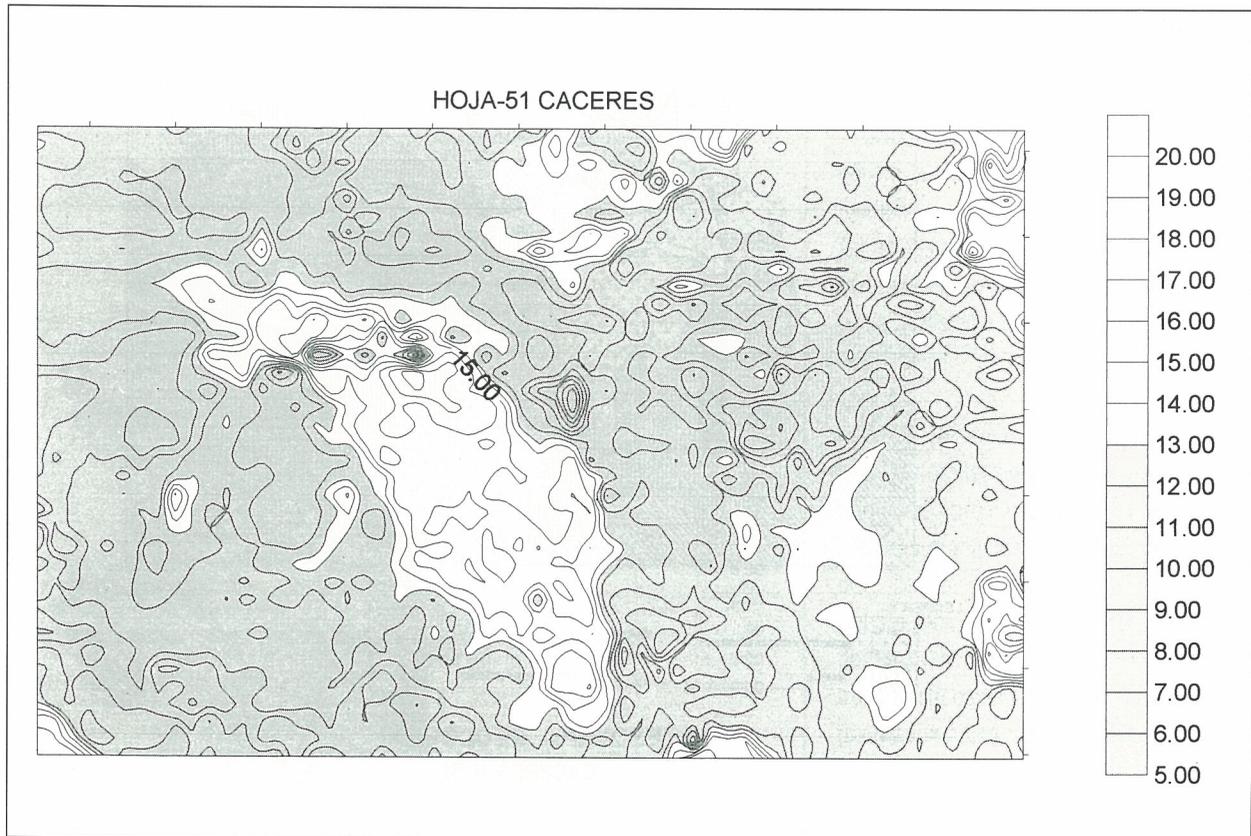
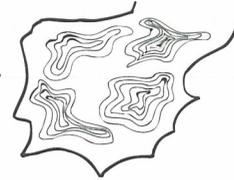


Figura 8

base de aproximadamente 35 km² para soporte de los datos radiométricos (otros países y entre ellos el U.K. han utilizado 100 km²). Las razones por las que se eligió esta cuadrícula fueron explicadas en otras publicaciones a las que ya hemos hecho anteriormente referencia.

No obstante lo antedicho, para la elaboración de los mapas de pruebas de las CAE y CAC-L se ha llegado a una cuadrícula soporte de 1 km² (mapas 1:500.000, 1:200.000 e incluso 1:50.000).

La tecnología puesta a punto para la extracción de datos, permite garantizar para toda cuadrícula ≥ 35 km² un límite de confianza inferior a 1mR/h sobre los datos de partida.

INFORMATIZACION DE LOS BANCOS DE DATOS

De acuerdo con las metodologías establecidas han sido extraídos todos los datos correspondientes a la cobertura radiométrica peninsular existente. Se han individualizado las hojas 1:50.000 en ficheros DBASE compatibles con Symphony, StatGraf, Survivew, Golden

etc. También se han realizado controles de calidad numéricos, a veces combinados con otros gráficos. De esta forma, la CAE ha quedado reducida a unos 50.000 datos y la CAC-L a unos 100.000 datos.

PARTICIPACION UNIVERSITARIA EN EL PROYECTO MARN

Participan mediante acuerdos específicos en el desarrollo del Proyecto MARN profesores del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, profesores del Departamento de Informática de la Escuela Universitaria Politécnica de

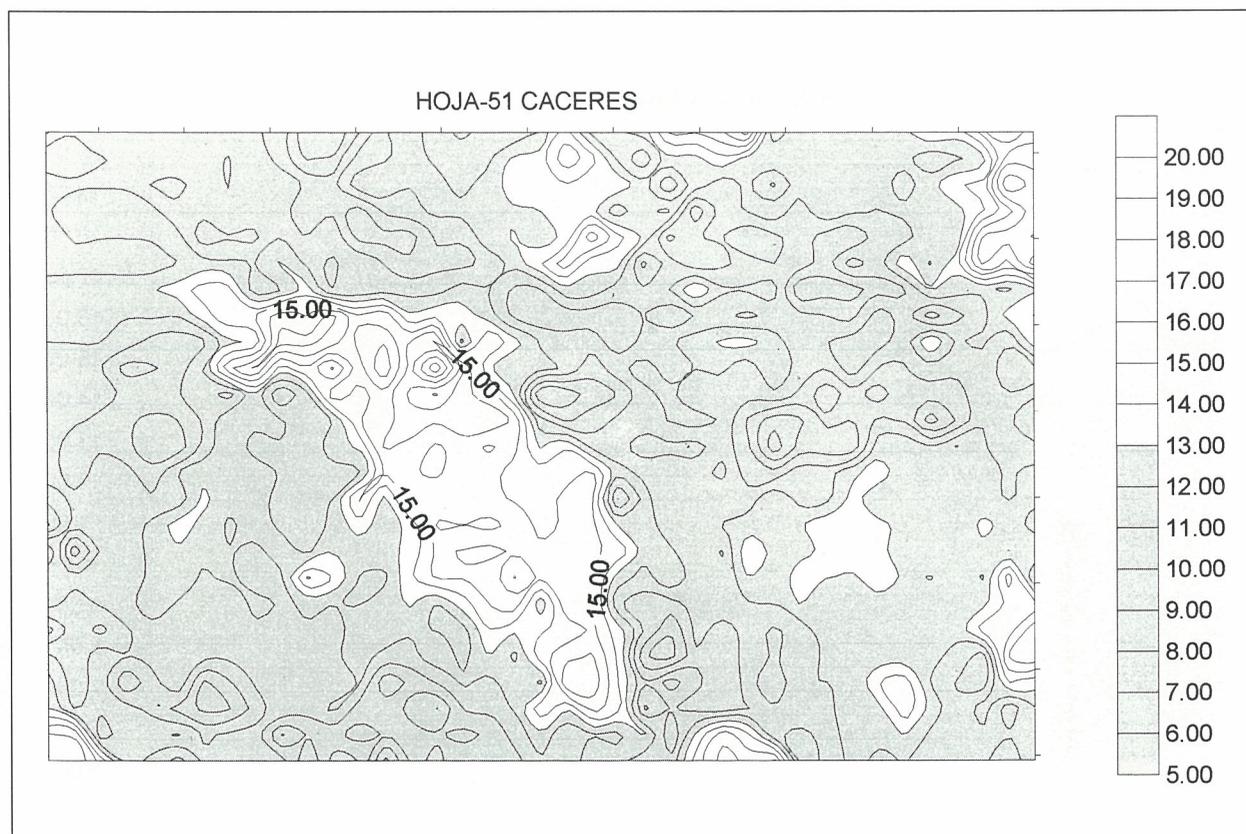


Figura 9

Cáceres (EUPC), así como profesores de Física de la Facultad de Veterinaria de Cáceres y sus asociados de la EUPC.

Está previsto para un futuro próximo un incremento de la participación universitaria.

También se mantienen contactos periódicos con la IAEA y con la República de Portugal, siendo muy satisfactorios y concordantes los resultados conseguidos a ambos lados de la frontera con España. Existe un grupo de trabajo hispano-portugués para estudiar la coordinación de medidas fronterizas.

CALIDAD DE LOS MAPAS RADIOMETRICOS PRODUCIDOS

- ◆ La separación elegida entre isólinas ha sido de 1 mR/h para el intervalo comprendido entre ≥ 4 mR/h e ≤ 20 mR/h (similar al mapa de Alemania).
- ◆ La Fig. 5 muestra reducido a DIN-A4 el mapa radiométrico a escala 1:500.000 de Extremadura en base a 50.000 datos (aproximadamente 1/km²).
- ◆ En la Fig. 6 se puede ver una

reducción DIN-A4 del mapa geológico de la hoja 1:200.000 nº51 (Cáceres), la cual comprende 16 hojas topográficas a escala 1:50.000 (aproximadamente 10.000 km²), para poder contrastar su contenido con los mapas radiométricos de pruebas de la misma hoja de Cáceres que a continuación describimos.

- ◆ Fig. 7. Reducción DIN-A4 del mapa radiométrico de la hoja nº51 (Cáceres) a escala 1:200.000, realizado con una cuadrícula base de 1 km² (unos 10.000 datos).

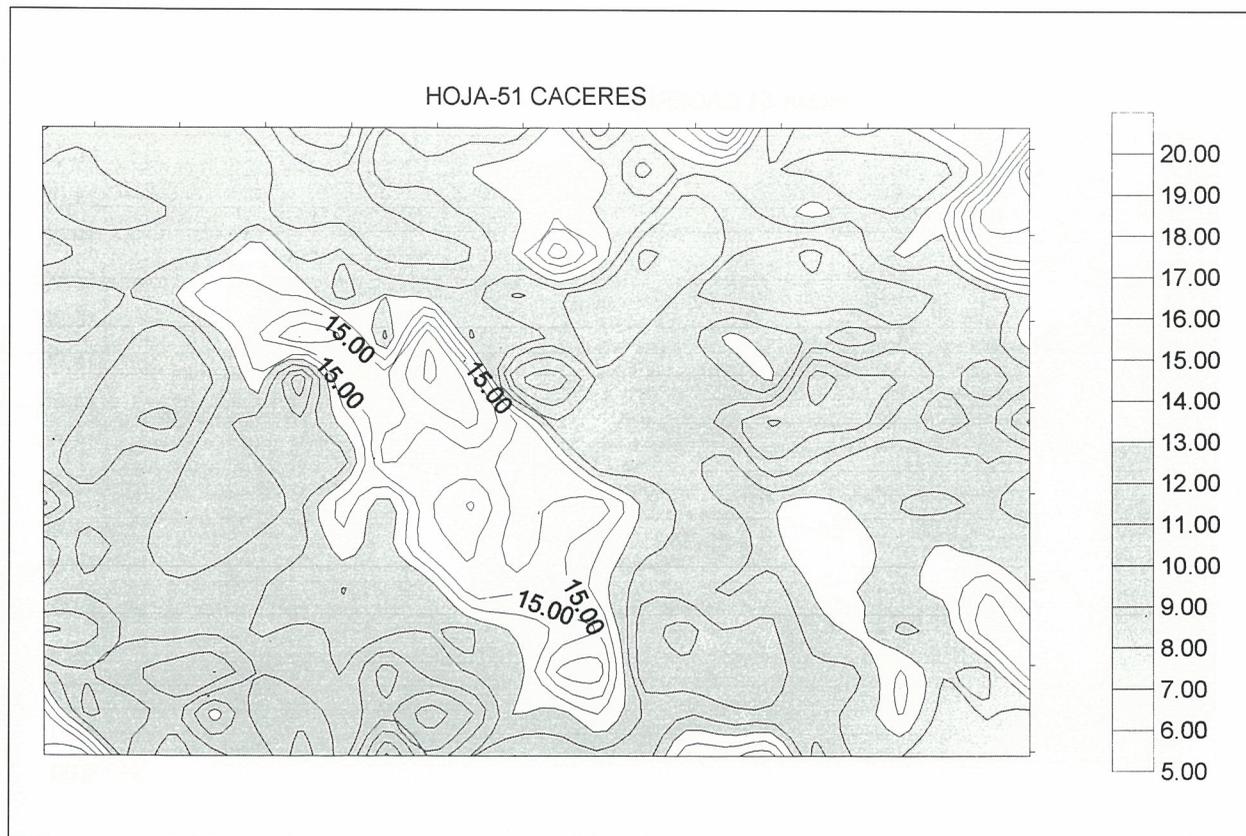
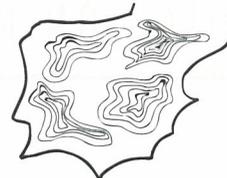


Figura 10

- ◆ Fig. 8. Idem al anterior, realizado con una cuadrícula soporte de 4 km² (unos 2500 datos).
- ◆ Fig. 9. El mismo plano anterior realizado con una cuadrícula base de 9 km² (unos 1100 datos).
- ◆ Fig. 10. Idem al anterior con cuadrícula base de 25 km² (400 datos).
- ◆ Fig. 11. La misma superficie cartografiada con una cuadrícula base de 100 km² (100 datos).

líneas y también son lo suficientemente expresivas en blanco y negro, sobre todo si las contrastamos con las grandes unidades geológicas, fig. 6, (por ejemplo el batolito granítico de Cabeza de Araya) o con las unidades geográficas mayores (por ejemplo el reculaje del pantano de la presa de Alcántara). Este contraste permite observar perfectamente la evolución en la resolución de los mapas con el incremento de la cuadrícula base.

CONCLUSIONES

mapas de excepcional calidad a escalas 1:50.000 o superiores.

- ◆ Con cuadrícula base de 4 km² se producen, a escalas 1:200.000 o superiores, mapas de excelente calidad.
- ◆ Las Comunidades Autónomas de Extremadura y de Castilla-León (unos 150.000 km²) están cubiertas a escala 1:200.000 y sus mapas en borrador.

Las imágenes son muy expresivas vistas en mapas rellenos de color entre iso-

- ◆ La extracción de datos con una cuadrícula base de 1 km² produce

- ◆ Para que en el tercio de la superficie no afectado por la cobertura radiomé-

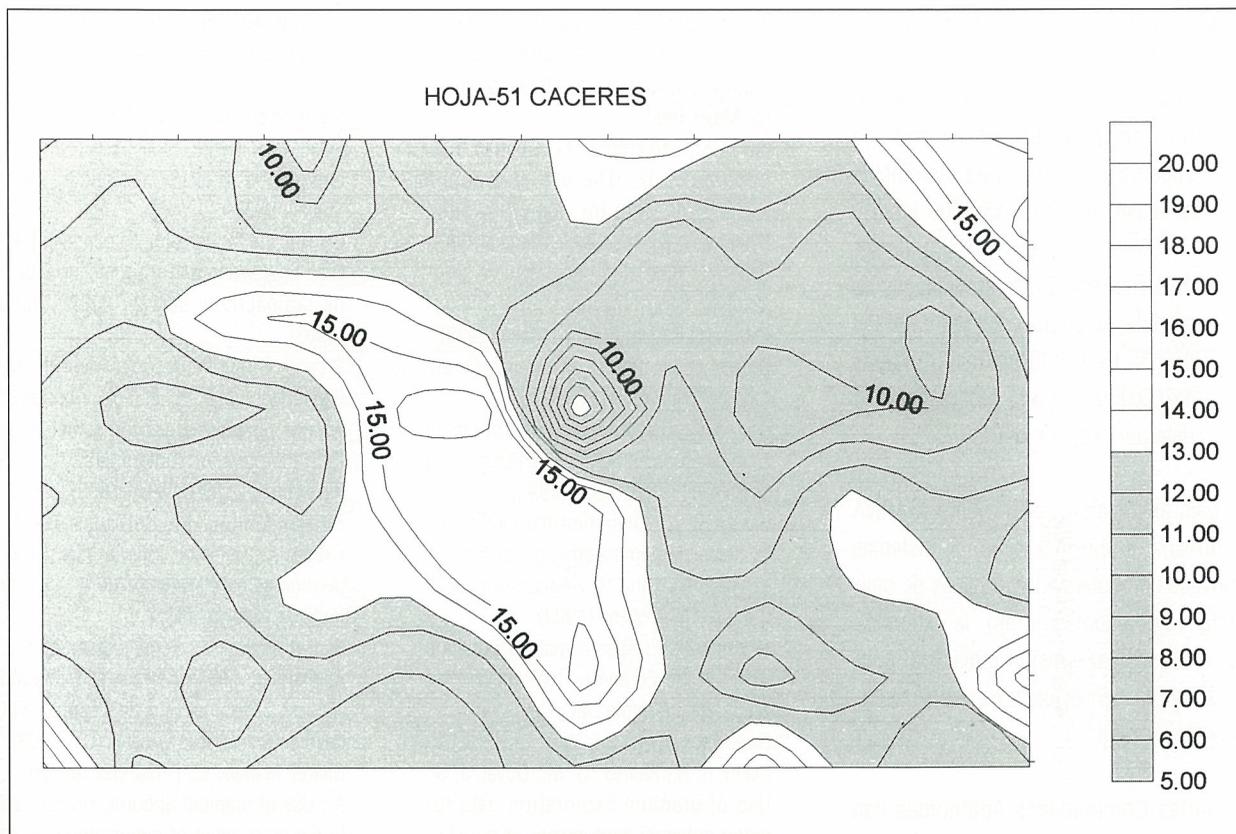


Figura 11

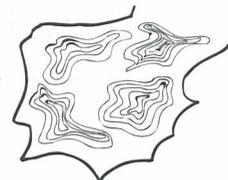
trica existente se alcance una calidad similar a la del U.K., se requeriría la toma puntual de un dato por cada 100 km² en una superficie de unos 130.000 km². Estos datos se conseguirán con un error aleatorio no comparable a los obtenidos a partir de los bancos de datos existentes. Por otra parte al homogeneizar estos datos con los nuevos, habrá que reducir los 350.000 datos existentes (gridding) a unos 3000 con enorme pérdida de resolución. Esto quiere decir que el mapa español tiene una calidad muy superior.

- ◆ En el caso de considerar una cuadrícula base de 35 km², el número de

estaciones mínimo requerido para completar la cobertura radiométrica sería de unas 4000 y para el caso de una cuadrícula base de 4 km², el número equivalente de estaciones sería de unas 40.000. Se intuye con facilidad la evolución exponencial de la disminución de los errores con la cuadrícula base.

- ◆ Los presupuestos y tiempo disponibles sólo permitirán alcanzar para finales de 1995 una cobertura geológico-radiométrica equivalente a la del U.K en el tercio de superficie carente de ella.

- ◆ Por lo que antecede se concluye que a finales de 1995 se habrá conseguido culminar con éxito el Proyecto MARNA con la realización del mapa radiométrico de España a escala 1:1.000.000 con unos 150.000 km² del territorio peninsular con una extraordinaria calidad. Con calidad de un dato por cada 35 km² en otros 150.000 km² de la cobertura radiométrica nacional restante, generada por el antiguo PNEIU. Finalmente, la calidad para el resto del territorio será de un dato por cada 100 km² (datos a veces extrapolados geológicamente).



◆ La gran calidad conseguida a escala 1:200.000 para las CAE y CAC-L (150.000 km²) podría ampliarse con un pequeño esfuerzo a toda la superficie con cobertura radiométrica existente (otros 150.000 km²) y también sin excesivo coste, utilizando sistemas móviles automáticos de medida, se podría extender a todo el país la base informática en mapas 1:200.000 con alta resolución (≥ 1 dato por cada 4 km²).

Esta ampliación del Proyecto MARNA acarrearía la puesta a punto de sistemas móviles computerizados capaces de delimitar rápidamente (horas), la extensión de una eventual emisión radiactiva, contrastándola con el background preexistente en la zona.

Varias Comunidades Autónomas han manifestado su interés en el Proyecto MARNA y algunas de ellas se proponen potenciarlo.

BIBLIOGRAFIA

- * Akerblom, G.; The use of airborne radiometric and exploration surveys data in radon risk mapping. OIEA. Viena (1993)
- * Allyson, J. L.; Tyler, A. N.; Rapid quantification of radiometric data for anthropogenic and technologically enhanced natural nuclides. OIEA. Viena (1993).
- * Andjelov, M.; Tomsic, J.; Pecnik, M.; Ground gamma-ray spectrometry in Slovenia. IAEA. Viena (1993).
- * Atlas of Natural Radiation Levels in the European Communities. Phase II. Final Report - Nov. 1988. CEC Contract Nr 85.420.
- * Baeza, A., et al. Estudio comparado de dos métodos para la evaluación de los niveles de tasas de dosis ambientales en la provincia de Cáceres (Relación Interna. Mayo 1994.
- * Ball, T.K.; Cameron, D. G.; Colman, T.B.; Roberts, P. D.; The use of uranium exploration data for mapping radon potential in the U.K. OIEA. Viena (1993)
- * Barnet, I.; Role of airborne gamma spectrometric data in the radon programme of the Czech Republic. OIEA. Viena (1993)
- * Brown, et. al.; Radon en España. Forum Atómico Español. Madrid. (1992).
- * Cox, J. R.; Radiation detection of buried shielded sources in vehicles loaded with scrap steel. OIEA. Viena (1993).
- * Grasty, R. L.; Environmental monitoring by airborne gamma-ray spectrometry - experience at the Geological Survey of Canadá. OIEA. Viena (1993).
- * Green, B.M.R.; Atlas of natural radiation levels in the European Community Pilot Study. Report to the CEC, Oct. 1986.
- * Gundersen, L. C. S.; Otton, J. K.; Schumann, R. R.; Reimer, G. M.; Duval, J. S.; Use of uranium exploration data for radon potential assessment in the U.S. OIEA. Viena (1993).
- * Lowder, W.; External terrestrial and cosmic radiation. Proceeding of the Fifth International Symposium on the Natural Radiation Environment. Salzburg (1991).
- * Mellander, H.; The role of mobile gamma spectrometry in the Swedish emergency response program for nuclear accidents - experience and future plans. IAEA. Viena (1993).
- * Merino, J. L.; Josa, J. M.; Study of Spanish uraniumiferous sandstones. En : Jones, M. J. (ed); Geology, Mining and Extractive Processing of Uranium. I.M.M. London (1977) 63 - 70.
- * Multala, J; Airborne Gamma-ray measurements in radioactive cloud Experience at the Geological Survey of Finland. OIEA. Viena (1993).
- * Otton, J. K., Nielson, K. K.; Brown, R. B., Zwick, P. D.; Scott, T. M.; Use of the U. S. NURE aeroradiometric data in a quantitative assessment of radon potential in Florida. OIEA. Viena (1993).
- * Sanderson, D. C. W.; Allyson, J. D.; Tyler, A. N.; Scott, E. M.; Environmental application of airborne gamma. OIEA. Viena (1993).
- * Schwarz, G. F.; Rybach, L.; Kingele, E.E.; Data processing and mapping in airborne radioactivity survey. OIEA. Viena (1993).
- * Sideris, G. N.; Papaconstantinou, K. N.; Papadopoulos, N. N.; The contribution of applied geophysics for the estimation of the radioelement contamination of the environment. OIEA. Viena (1993).
- * Suárez Mahou, E.; Cerrajero H., J.; Crego, A.; Relación Interna JEN. Prospección aérea sistemática de la zona de Badajoz. Madrid (1967).
- * Suárez Mahou, E.; Fernández Amigot, J. A.; Proyecto MARNA (Mapa de Radiación Natural y Dosimétrico de España) XIX Reunión Anual SNE. Cáceres (Oct. 1993)
- * Suárez Mahou, E.; Fernández Amigot, J. A.; Use of uranium airborne survey data in the preparation of radiometric map of Spain. Technical Committee Meeting. IAEA. Viena (Nov. 1993).
- * Suárez Mahou, E.; Fernández Amigot, J. A.; The Radiometrics Map of Spain (MARNA PROJECT). IX Congreso internacional de Minería y Metalurgia. León (1994)
- * Torres, L. M.; The natural radioactivity map of Portugal: Baseline information on natural radioactivity background. OIEA. Viena (1993)
- * Vulkan, U.; Shirav, M.; Shiloni, Y.; Radon levels of rock formations in Israel. OIEA. Viena (1993).

¹ Para una mejor información, pueden consultarse los trabajos que han publicado los mismos autores sobre el Proyecto MARNA y que figuran en la Bibliografía de este trabajo.



ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA ACREDITACIÓN PROFESIONAL EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



El reconocimiento de expertos en protección radiológica es un tema en el que el IRPA ha estado involucrado desde sus principios. Se sabe desde hace tiempo que hay muchos mecanismos de reconocimiento en el mundo y de hecho cada una de las Sociedades Asociadas al IRPA ha solucionado las necesidades de sus miembros en este asunto con arreglo a sus propios criterios. La consecución de una cierta unificación en el reconocimiento de expertos cualificados en protección radiológica fué consi-

derada como importante por vez primera durante la organización de la Comisión de las Comunidades Europeas, anticipando que sería necesario un nivel de experiencia común que permitiera la libertad de movimiento de los expertos entre los diferentes estados miembros de la Comunidad Europea. Se han realizado algunos intentos para determinar la posibilidad de esa estandarización comparando en primer lugar los sistemas internacionales ya existentes. Estas comparaciones sólo han verificado que hay grandes diferencias entre los sistemas de reconocimiento actuales, confirmando la dificultad que conllevaría cualquier intento de unificación. Por ello el IRPA está variando su objetivo inicial dirigiéndolo más hacia la educación profesional y el entrenamiento como medios para alcanzar una progresiva estandarización de la profesión.

F. X. Massé, CHP, CMP
Massachusetts Institute of
Technology

*Radiation Protection Recognition
of the Qualified Expert, Health
and Safety Executive, UK, Crown
copyright 1992.*

*Versión en castellano del trabajo
presentado en la reunión del IRPA
PORTSMOUTH 94. Publicado en
los Proceedings de la reunión
pags.357-362 (Nuclear
Technology Publishing).*



Recognition of qualified experts in radiation protection is an issue IRPA has been concerned with from its inception. It has long been known that the recognition mechanism differs widely throughout the world community and IRPA Associated Societies have each dealt with the needs of their members in this regard in their own way. Some unification of the recognition of qualified radiation protection experts was first thought to be important with the organization of the Commission of the European Communities, anticipating the need for such expertise to be able to move freely within the EC states. A number of attempts have been made to determine the feasibility of such standardization by first intercomparing the existing systems internationally. Such intercomparisons have only verified the wide diversity of existing recognition systems, confirming the difficulty that would be associated with any standardization attempt. We are therefore shifting our focus to the issue of professional education and training as a means of gradual standardization in the profession.

INTRODUCCIÓN

El establecimiento y el mantenimiento de las credenciales profesionales de los miembros individuales de las sociedades asociadas al IRPA se ha considerado desde hace tiempo como un área en la que el IRPA podría ser de gran ayuda para sus miembros. Estos temas han sido repetidamente identificados por el comité de planeamiento a largo plazo como áreas importantes en las cuales el IRPA puede ser útil. Durante el Foro de Sociedades Asociadas en el congreso de

Sydney en 1988, varias sociedades expresaron su interés en desarrollar criterios para certificación y entrenamiento que pudieran ser reconocidos internacionalmente, además de a nivel nacional. En agosto de 1989 la Comisión de las Comunidades Europeas anunció su intención de promover un estudio sobre entrenamiento y certificación en protección radiológica en los estados miembros. El propósito de este estudio era identificar y revisar los programas de entrenamiento y métodos de reconocimiento utilizados por los miembros de la

Comunidad Europea para que los propios organizadores de tales programas de entrenamiento valoraran y decidieran cuál de los programas cumpliría mejor las necesidades de la Comunidad que estaba siendo entonces reorganizada. El objetivo último sería asegurar la paridad entre las calificaciones obtenidas en los diversos estados miembros haciendo por tanto más sencillo para los trabajadores desplazarse dentro de la Comunidad. Un estudio similar se llevó a cabo en 1972 entre los seis estados miembros que después formaron la Comunidad Europea

País	Especialización en Física Médica	Obligación legal	Certificación/ licencia garantizada por	Métodos de entrenamiento para F.M.
Alemania	Sí	Sí	Gobierno	Cursos
Argentina	—	—	—	—
Australia	No	—	—	Trabajo
Austria	Sí	Sí	Gobierno	Cursos
Bélgica	Sí	Sí	Gobierno	Cursos
Brasil	Sí	Sí	Gob/Profesionales	Cursos
Canadá	No	—	—	Cur/Trab
Corea	Sí	Sí	Gobierno	Cursos
Checoslovaquia	Sí	Sí	Gob/Profesionales	Cursos
China (Rep.Pop.)	—	—	—	—
Chipre	—	—	—	—
Dinamarca	No	—	—	Cursos
España	Sí	Sí	Gobierno	Cur/Exam
Filipinas	—	—	—	—
Francia	No	—	—	Cursos
Grecia	Sí(Med)	Sí	Gobierno	Cursos
Hungría	Sí	Sí	Gob/Universidad	Cursos
India	—	—	—	—
Irlanda	No	—	—	Cur/Trab
Israel	—	—	—	—
Italia	Sí	Sí	Gobierno	Cur/Trab
Japón	Sí	Sí	Gobierno	Curso
México	No	—	—	Cur/Trab
Países Bajos	Sí	Sí	Gobierno	Cur/Trab
Países Nórdicos				
Dinamarca	No	—	—	Cur/Trab
Finlandia	Sí	Sí	Gobierno	Curso
Islandia	No	—	—	Trabajo
Noruega	No	—	—	Trabajo
Suecia	No	—	—	Cur/Trab
Perú	No	—	—	—
Polonia	—	—	—	—
Portugal	No	—	—	Cur/Trab
Reino Unido	Sí	No	Profesionales	Cursos
Suráfrica	No	—	—	Trabajo
Suiza	Sí	Sí	Gobierno	Cursos
USA	Sí	No	Profesionales	Cur/Exam

Figura1

Cuestionario sobre certificación del IRPA: 1991

de la Energía Atómica (EURATOM). El estudio de 1989 intentó incluir gran parte de la información que había sido recogida anteriormente, poniéndola al día e incrementando el número de estados miembros a la totalidad de la nueva Comunidad Europea.

Ambos estudios se concentraron en el entrenamiento de los especialistas en protección radiológica responsables de informar, supervisar, llevar a cabo o diseñar las medidas de protección radiológica requeridas en cualquier actividad en que se utilicen fuentes de radiación ionizante, así como de difundir entre los trabajadores implicados en protección radiológica los conocimientos necesarios para su trabajo. Los estudios también cubrían los cursos de entrenamiento para médicos cualificados para proporcionar vigilancia médica a trabajadores expuestos. Ningún estudio incluyó el entrenamiento en protección radiológica inherente a actividades en las que se utilizan fuentes de radiación en campos limitados, como por ejemplo, en medicina nuclear.

REVISIÓN REALIZADA POR EL IRPA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En 1991, los miembros del Consejo ejecutivo del IRPA asignados a un grupo de trabajo para revisar los temas de certificación y entrenamiento, enviaron cuestionarios a todas las sociedades miembros del IRPA. El propósito del cuestionario era determinar el tipo de procedimiento usado en



las sociedades miembros para el reconocimiento profesional de los especialistas en protección radiológica. Se encontraba también incluida en tal cuestionario una pregunta acerca de si era o no requerida una certificación formal, quien garantizaba dicha certificación, y la manera en que los profesionales eran entrenados o instruidos, tanto si existía un proceso de certificación formal como si no. Los resultados de ambos estudios, el de la Comunidad Europea en 1984 y el del IRPA en 1991, fueron similares al revelar la amplia disparidad de métodos de acreditación usados en toda la comunidad de protección radiológica. En vista de los resultados de esos estudios, al IRPA no le pareció lo más apropiado tratar de promover directamente un proceso de estandarización que pudiera ser internacionalmente reconocido. Pareció que para el IRPA podría ser más útil buscar un procedimiento a través del cual se pudieran apoyar los esfuerzos que para la acreditación y la certificación profesional estaban ya realizando sus sociedades miembros, proporcionándoles cursos suplementarios de entrenamiento y de actualización en los congresos del IRPA celebrados en todo el mundo.

Durante el Congreso Mundial de 1992 en Montreal, el Congreso Ejecutivo trató de nuevo el tema de la certificación y el entrenamiento y se tomó una decisión en el sentido de revisar de nuevo estos temas tratando de estimar el mejor procedimiento a seguir para dar el mayor beneficio posible a las sociedades miembros. Se formó un grupo de trabajo para avanzar la investigación y renovar los

esfuerzos anteriores. A principios de 1994 se entregó otro cuestionario breve a todas las sociedades y los resultados obtenidos con ese cuestionario están comenzando a emerger.

Los resultados del estudio de la Comunidad Europea fueron publicados formalmente por la Autoridad (Británica) para la Salud y la Seguridad (Health and Safety Executive) en Londres en abril de 1992. Ese documento proporcionó detalles sobre las prácticas usuales en el Reino Unido y en otros estados miembros de la Comunidad Europea, dando información adicional acerca del experto cualificado en física médica que ha de proporcionar protección radiológica al paciente, y sobre el profesional en protección radiológica encargado de la protección al trabajador, al público y al medio ambiente. Dado que muchos de los datos de aquel estudio realizado entre 1989 y 1992 fueron también recogidos en el informe del IRPA de 1991 no repetiremos aquí los resultados del estudio de la Comunidad Europea pero daremos referencias al documento original británico. La Figura 1 es una tabla con la información reunida en el estudio del IRPA de 1991. Los datos de la tabla parecen mostrar mayor consistencia de la que en realidad existe dado que un examen más detenido revela que la palabra "certificación" tiene significados diferentes en los distintos países. Como se dijo anteriormente las enormes diferencias en formalismos, exigencias legales, reconocimientos, y métodos de entrenamiento muestran simplemente lo difícil que podría llegar a ser la tarea de unificar

internacionalmente el reconocimiento profesional. El estudio actual (1994), si bien aún incompleto, ya está empezando a producir datos que indican pocos cambios respecto de los resultados obtenidos en 1991 y queda incluso más claro aún que la ayuda para cursos de refresco y de enriquecimiento profesional puede ser la tarea más beneficiosa en la que el IRPA puede participar en este momento.

EDUCACIÓN PROFESIONAL Y MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO

Un ejemplo del tipo de tareas que pueden abordarse lo constituye el programa de entrenamiento y asistencia profesional proporcionado por la Sociedad Americana de Física Médica (Health Physics Society, HPS) a la amplia variedad de profesionales de física de la salud en Estados Unidos. Desde hace más de dos décadas, la Sociedad de Física Médica ha estado involucrada en un programa en continuo aumento de cursos de entrenamiento asociados a sus encuentros nacionales. Este programa comenzó como un mecanismo de apoyo para el programa del Consejo Americano para la Certificación en Física Médica (American Board of Health Physics Certification, ABHP) que fue iniciado y continuamente apoyado por la Sociedad de Física Médica (Health Physics Society). Este proceso independiente de certificación, que ahora cumple 35 años de existencia, ha generado un colectivo de profesionales certificados en ejercicio activo de la profesión cercano actualmente al millar. Aunque la certificación del ABHP es considerada con frecuencia como un requisito o mérito

to muy conveniente para el acceso al desempeño de actividades profesionales, tal certificación no es normalmente requerida excepto para los puestos más relevantes de profesionales senior. De todas maneras, la certificación ABHP es universalmente reconocida y generalmente bien recompensada en las escalas salariales. La renovación de la certificación, que ha de hacerse cada cuatro años, requiere una acumulación importante de créditos obtenidos en actividades de formación y entrenamiento durante tal intervalo de tiempo. Los programas de entrenamiento y reciclado de la HPS se organizaron principalmente para satisfacer esta necesidad además de para ayudar a sus miembros en la preparación para el examen inicial de certificación.

En la actualidad, estos cursos de formación incluyen las clases originales de formación continua, típicamente de una hora de duración, celebradas en las primeras horas de las mañanas en los días de los encuentros regulares anuales y semestrales de la HPS, centrándose en temas de actualidad y siendo impartidas por profesionales de reconocida experiencia en cada materia. Un programa para la ampliación de la capacitación profesional (Professional Enrichment Program) de importancia creciente, comenzó hace aproximadamente una década. Este programa consistía en una variedad de sesiones de unas dos horas de duración, organizadas el día anterior a las sesiones de apertura de las reuniones anuales y semestrales. En estas sesiones, se ofrecían a los participantes nueve/doce programas de entrenamiento

diferentes en sesiones simultáneas. Programas adicionales de enriquecimiento profesional se ofrecían también a última hora de la tarde, normalmente dos al mismo tiempo, en los últimos días dentro del plan establecido para las reuniones. Estos programas de entrenamiento se han complementado recientemente con sesiones de un día completo organizadas por la Academia Americana de Física Médica (American Academy of Health Physics), ofrecidas ante todo a los físicos médicos ya calificados para ayudarles a mantener sus requisitos de certificación. A pesar de que pueda parecer que esta manera tan ambiciosa de organizar programas formales de entrenamiento, proporcionando hasta miles de oportunidades a los asistentes a un mismo congreso, sea un suicidio, la Health Physics Society aún no ha encontrado el tope al apetito o a la demanda de sus miembros por tales programas educacionales. La mayoría de estos cursos se llenan de asistentes antes de los encuentros y muchos aspirantes quedan decepcionados al no poder asistir a la sesión educativa de su elección. Por esta razón, creemos que el desarrollo de un programa comparable para los congresos mundiales y regionales del IRPA contaría con un apoyo y aceptación importantes.

CÓMO PROCEDER

Nuestro propósito en este trabajo es pedir la colaboración de los lectores para determinar el mejor modo en el que IRPA podría ayudar a sus sociedades a mantener el nivel profesional de sus miembros. Aunque ahora mismo estamos conside-

rando el desarrollo de un programa que pueda proporcionar medios de entrenamiento a aquellos que en el futuro participan en los congresos regionales y mundiales anuales, queremos estar seguros que ese sería el tipo de esfuerzo que las sociedades asociadas encontrarían útil y los miembros individuales beneficioso. Obviamente un programa como este al nivel internacional del IRPA estaría restringido a temas científicos, cubriendo áreas muy amplias de la profesión, y no podría detenerse en los requerimientos u obligaciones legales de ningún programa regulador específico. En cualquier caso, existe amplia necesidad para el desarrollo de un programa de este tipo y pensamos que un esfuerzo razonable en esa dirección sería siempre útil. En general, pensamos que la formación continuada y el enriquecimiento profesional son elementos necesarios para todos los miembros de nuestra profesión independientemente de que: (1) se requiera una certificación o credencial formal (2) dicha certificación o credencial esté garantizada por el gobierno o por una entidad independiente, y (3) dicha certificación o credencial exija algún tipo de formación continuada para el mantenimiento de ese reconocimiento profesional. Pedimos por tanto colaboración para mejor determinar los métodos para conseguir tal objetivo.

Ejemplos de cómo los cursos o sesiones de entrenamiento podrían ser conducidos incluirían la llegada anticipada a los congresos mundiales o regionales para sesiones preliminares de uno o dos días de sesiones de for-



mación, clases de entrenamiento durante el propio programa técnico, sesiones a primeras horas de la mañana durante el congreso, uno o dos días de sesiones especiales de formación al final de los congresos, o alguna combinación de todo lo anterior. En el profesorado de tales cursos se podría incluir a profesionales bien calificados del país en el cual se celebra el congreso, expertos reconocidos de todo el mundo, o se podría aprovechar la presencia de miembros del consejo ejecutivo del IRPA que participaran en los encuentros por otros motivos. Los programas de este tipo no deberían ser muy costosos. Normalmente los gastos serán sólo los necesarios para compensar los gastos de los conferenciantes en la preparación de sus clases y para la producción del material que haya de distribuirse a los asistentes, además de los gastos asociados a la inscripción y desarrollo del curso. Una vez que dicho programa esté desarrollado y las técnicas para su puesta en práctica debidamente refinadas, podría ser posible llevar a cabo ciertas economías de modo que pueda obtenerse un modesto beneficio para aumentar la tesorería del IRPA manteniendo al

mismo tiempo oportunidades de formación y entrenamiento perfectamente asequibles para los miembros individuales.

CONCLUSIÓN

Un programa de entrenamiento y educación continua como el descrito podría con toda probabilidad ser organizado de forma que los programas de certificación ya existentes que requieran educación continua documentada, reconocieran su validez dando créditos adecuados a los poseedores de un certificado de participación o asistencia. El esfuerzo internacional que se realizara en esta línea llevaría con el tiempo a conseguir una mayor coherencia entre los diferentes requerimientos de certificación, lo que a su vez ayudaría a consolidar el objetivo de una acreditación profesional consistente, objetivo que mucha gente ha estado buscando a nivel internacional. Si, en un futuro, la unificación de la certificación llega a ser real a un nivel regional o mejor universal, la propia universalidad de los métodos y programas de entrenamiento serviría de gran ayuda para establecer también modos comunes para el tratamiento de los problemas de protec-

ción radiológica que puedan presentarse.

Mientras tanto, los esfuerzos actuales y recientes para documentar y catalogar prácticas de certificación en todo el mundo podrían ser seguidos por el establecimiento de un programa que recoja rutinariamente tales datos con una frecuencia de puesta al día apropiada, unificando esfuerzos en la reunión de tales datos, y mejorando el sistema de clasificación de los tipos de certificación. El banco de datos así creado sería una fuente útil de referencia para las sociedades asociadas para el establecimiento o mejora de un sistema de certificación profesional. Podría ser también útil como referencia para países vecinos para conseguir un sistema de reciprocidad regional como el considerado por las Comunidades Europeas. La fiabilidad y consistencia de los datos recogidos debería aumentar gradualmente mediante el envío repetitivo de un formulario continuamente actualizado, cuyos resultados deberían ser publicados de manera rutinaria y distribuidos a los miembros del IRPA.



INFORME 1993 DEL COMITÉ CIENTÍFICO UNSCEAR



El último de la serie de informes amplios del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) determina las fuentes y los efectos de las radiaciones ionizantes. Además del texto principal, que se presenta a la Asamblea General, el Informe del UNSCEAR de 1993 incluye nueve

anexos científicos. El texto principal es una descripción abreviada de las interacciones de la radiación y sus efectos sobre los tejidos y un resumen de las exposiciones debidas a fuentes de radiación en todo el mundo. En este artículo se presentan brevemente algunas de las discusiones y análisis contenidos en los anexos científicos. Este Informe debería estar presente en la biblioteca de toda organización involucrada en actividades de protección radiológica.

Burton Bennett

Secretario Científico del UNSCEAR

Este trabajo ha sido publicado en "Radiological Protection Bulletin" de NRPB nº 149, 9-13, 1994. Agradecemos la autorización del Dr. B. Bennet para su traducción al castellano y publicación en esta Revista.

The latest in the series of comprehensive reports by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) assesses the sources and effects of ionising radiation. In addition to the main text, which is presented to the General Assembly, the 1993 UNSCEAR Report contains nine scientific annexes. The main text is a summary description of radiation interactions and effects in tissues and an overview of exposures worldwide from radiation sources. A brief presentation of some of the discussions and analyses in the scientific annexes is given in this article. The Report itself should be in the library of every organisation engaged in radiological protection.

FUENTES NATURALES DE RADIACIÓN

La evaluación de la dosis efectiva anual de radiación ionizante procedente de fuentes naturales en áreas de fondo normal no ha variado respecto de la anterior estimación de 2.4 mSv, a pesar de que ha habido pequeños ajustes en varios de sus componentes. Un tercio del total se debe a la exposición externa a rayos cósmicos y a radionucleidos de origen terrestre, y dos terceras partes a exposición interna. El mayor componente de exposición, la mitad del total, es debida al radón y a sus descendientes.

Se han compilado datos adicionales a partir de diversos estudios internacionales sobre tasas de exposición externa y sobre concentraciones del radón. La tasa media de dosis en el aire ponderada a la población en áreas de fondo normal es de 57 nGy/h al aire libre y 80 nGy/h en interiores. La razón entre interior/exterior es por

tanto 1.5, pero la misma puede variar desde menos de 1 para casas construídas con materiales ligeros hasta alrededor de 2 cuando los materiales de construcción contribuyen sustancialmente a las exposiciones. La concentración de radón (^{222}Rn) es típicamente 10 Bq/m³ al aire libre y 40 Bq/m³ en interiores. En zonas tropicales con casas de construcción ligera y alta ventilación, debería haber poca diferencia entre los niveles de exteriores e interiores. Hay, sin embargo, muchos factores locales que afectan a tales concentraciones y por tanto es necesario efectuar medidas en todas las áreas.

La dosimetría del radón está actualmente bajo revisión, pero el UNSCEAR ha mantenido los supuestos usados previamente: factores de equilibrio de 0,4 en interiores y de 0,8 al aire libre y un coeficiente de conversión a dosis de 9 nSv/h por Bq/m³ de concentración equivalente de equilibrio (EEC) de radón. Con estos valores para los parámetros del radón y

factores de ocupación de 0,2 en aire libre y de 0,8 en interiores, la dosis anual media efectiva debida al radón y sus descendientes se estima como 0,13 mSv para exposiciones al aire libre y 1,0 mSv para exposiciones en interiores. La dosis anual media efectiva de inhalación de Toron (^{220}Rn) y sus descendientes es 0,07 mSv.

UNSCEAR también ha evaluado la exposición a la radiación natural resultante de la producción de energía usando carbón, petróleo, turba, gas natural y energía geotérmica, por el uso de fosfatos en fertilizantes y en materiales de construcción, así como de arenas minerales. Las exposiciones mas altas provienen del uso en materiales de construcción de edificios de subproductos de la industria de los fosfatos, del uso doméstico de carbón en cocinas y calefacciones, así como del uso de fertilizantes fosfatados. La dosis efectiva anual total procedente de tales fuentes promediada sobre la población mundial es, sin embargo, sólo de 0,02 mSv.

FUENTES DE RADIACIÓN CREADAS POR EL HOMBRE

La determinación de exposiciones a radiaciones causadas por la liberación de radionucleidos al medio ambiente por prácticas o sucesos realizados por el hombre se presenta en el segundo anexo. Las pruebas en la atmósfera de armas nucleares dieron como resultado las mayores contribuciones producidas por este tipo de fuentes. La mayor parte de las pruebas tuvieron lugar entre 1952-1958 y entre 1961-1962; la última prueba en la atmósfera se llevó a cabo en 1980. A partir de las numerosas mediciones que han sido hechas a lo largo de los años el UNSCEAR ha evaluado coeficientes de transferencia relacionando la entrada de radionucleidos en la atmósfera con la dosis resultante para los seres humanos. La dosis efectiva colectiva para la población mundial debida a pruebas nucleares en la atmósfera se estima en 30 millones Sv.persona. De este total, el 86% es debido a exposiciones de bajo nivel a largo plazo causadas por el ^{14}C . Las contribuciones a la dosis por orden decreciente de importancia provienen de ^{14}C , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{144}Ce y ^3H . Sólo una irradiación residual debida a ^{14}C , ^{137}Cs , ^{90}Sr y ^3H perdura para ser recibida por la población actual y futura del mundo. La dosis colectiva debida a los ensayos de armas nucleares es equivalente a 2,4 años de exposición de la población actual del mundo a las fuentes naturales de radiación.

Se ha producido un incremento en la generación de energía eléctrica por reactores nucleares desde que tales prácticas comenzaron en 1956; en la actualidad, alrededor del 20% de la energía eléctrica

del mundo se genera por estos medios. A final de 1992 había 424 reactores funcionando en 32 países. Durante el funcionamiento rutinario de las instalaciones asociadas al ciclo del combustible nuclear (minería y tratamiento del uranio, fabricación del combustible, operación del reactor, reprocesamiento y almacenamiento de los residuos) se liberan radionucleidos al medio ambiente. Los datos sobre los radionucleidos liberados son bastante extensos y completos, especialmente para la operación de reactores.

Ha habido una tendencia generalizada hacia la disminución en la liberación de radionucleidos por instalaciones del ciclo de combustible nuclear al haber mejorado las prácticas operativas. Esto ha significado que las dosis colectivas para la población mundial han ido creciendo algo menos que la energía eléctrica generada. La estimación de la dosis colectiva debida a la producción de energía nucleoelectrónica era de 43.000 Sv.persona en 1990 y 400.000 Sv.persona para todo el periodo 1956-1990. Incluso cuando se añade la dosis colectiva causada por el accidente de Chernobyl (600.000 Sv.persona), la dosis colectiva acumulada ha sido sólo un 1% de la que la población mundial recibe en un año debido a fuentes de radiación natural.

Otras fuentes de radiación artificiales causadas por la liberación de radionucleidos al medio ambiente, incluyen: exposiciones de las poblaciones locales cercanas a los centros de pruebas nucleares de Semipalatinsk, Nevada, Australia y del Pacífico; exposiciones debidas a la fabricación de armas nucleares; exposiciones debidas a la producción y uso de radioisótopos; exposiciones debidas a los acci-

dentos en los reactores de Three Mile Island y Chernobyl, en las plantas de producción de Plutonio de Kyshtym y Windscale, accidentes de aeronaves portadoras de armas nucleares; reentradas de satélites y exposiciones debidas a fuentes de radiación perdidas o indebidamente utilizadas como la de Goiania.

RADIACIONES EN MEDICINA

La utilización de rayos X y radiofármacos para exámenes diagnósticos y tratamientos terapéuticos es bastante común en todo el mundo. La mayoría de los equipos que se emplean para este propósito están en los países industrializados que abarcan el 25% de la población mundial. El UNSCEAR ha determinado las exposiciones a radiaciones médicas a través de la información obtenida mediante cuestionarios distribuidos a todos los países. Se han establecido cuatro niveles de atención sanitaria, basados en la disponibilidad de determinadas instalaciones, y esta información ha sido extrapolada a toda la población mundial. La variación de las exposiciones a radiaciones médicas recibidas por diferentes individuos es muy grande. La mayor proporción de la dosis total debidas a fuentes médicas de radiación proviene de los exámenes de radiodiagnóstico debido a su frecuencia relativamente alta. En el nivel más alto de atención sanitaria la dosis efectiva anual promediada sobre la población para todos los exámenes de radiodiagnóstico es de 1,1 mSv mientras que para el nivel más bajo de atención sanitaria este valor es de 0.05 mSv. La media anual ponderada a la población mundial es de 0.3 mSv, y la dosis efectiva colectiva anual es de 1.8 millones de Sv.persona. Las dosis colectivas efectivas para tratamientos médicos

con radiaciones han sido evaluadas para permitir la comparación entre países así como para poder evaluar tendencias en tales datos. La mayor parte de la dosis colectiva que proviene de los usos médicos de las radiaciones se compensa por los beneficios directos que suponen para el paciente.

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

Las exposiciones ocupacionales a radiaciones se han determinado a partir de los datos presentados al UNSCEAR por las autoridades nacionales en respuesta a cuestionarios enviados al efecto. Los datos recogidos en el informe de 1993 del UNSCEAR son bastante extensos, se presentan los datos promediados en intervalos de cinco años para varios tipos de ocupación y para el periodo 1975-1989. A las exposiciones a fuentes de radiación creadas por el hombre se les dedica mayor atención ya que estos datos son con frecuencia requeridos en muchos países con propósitos reguladores.

La dosis colectiva depende de las dosis individuales medias y del número de trabajadores expuestos. La mayor componente de la dosis colectiva anual es la que proviene del ciclo del combustible nuclear (2.500 Sv.persona). Hay 880.000 trabajadores pertenecientes a esa industria en todo el mundo. Para los 2.2 millones de trabajadores en actividades médicas relacionadas con radiaciones la dosis colectiva anual es de 1.000 Sv.persona. Menos trabajadores y dosis anuales colectivas más bajas se obtienen en los usos industriales de las radiaciones (510 Sv.persona) y en actividades relacionadas con la defensa (250 Sv.persona).

La dosis colectiva anual para los trabajadores expuestos a fuentes de radiación naturales se estima es de 8.600 Sv.persona, lo que significa el doble del valor debido a las fuentes creadas por el hombre; unos 5.2 millones de trabajadores han sido considerados a estos efectos. En este caso las dosis individuales son más inciertas que las procedentes de fuentes creadas por el hombre. La mayor contribución la proporciona la minería subterránea del carbón y otros minerales. Las tripulaciones aéreas y algunos otros grupos ocupacionales contribuyen con cantidades menores.

ONCOGÉNESIS INDUCIDA POR LA RADIACIÓN

Los avances más recientes en la biología molecular del cáncer han sido considerados en el primero de los varios anexos que tratan de asuntos biológicos, repasando las principales teorías sobre oncogénesis y los resultados de diversos estudios experimentales sobre temas celulares y moleculares. Los procesos básicos de inducción, promoción y progresión de los tumores son reconocibles en la oncogénesis, pero no siempre es posible diferenciar claramente tales fases. Mutaciones puntuales, translocaciones y deleciones de cromosomas, algunas de las cuales son comunes y otras específicas para diferentes tipos de neoplasmas, pueden jugar papeles importantes en la iniciación y progresión. En algunos casos los cambios neoplásticos pueden también incluir procesos no mutacionales, es decir, epigenéticos. La pérdida de funcionalidad de los genes supresores de un tumor se considera un factor importante en la iniciación en la oncogénesis. La evidencia de que estos genes son objetivos

potenciales para la acción de las radiaciones proviene de estudios sobre mutaciones en células germinales humanas que predisponen al cáncer y, también, del descubrimiento de algunos cambios que relacionados con la carcinogénesis tienen lugar en los genes supresores del tumor en algunos cánceres humanos. Algunos genes implicados en la oncogénesis parecen jugar un papel importante en el control del ciclo celular. En general, los datos moleculares sobre oncogénesis tienden a negar la existencia de una dosis umbral para la iniciación del cáncer.

La acción de sustancias químicas específicas, hormonas y agentes de crecimiento, sobre los receptores de la superficie celular altera el comportamiento proliferativo de las células y puede dar lugar al fomento de neoplasias. En ciertos casos, la enzima kinasa C se piensa que puede mediar en los procesos de promoción del tumor, pero parte de la actividad promocional de la neoplasia puede también provenir de la generación de radicales químicos. La mutagénesis y la reparación de daños en el ADN que afectan a la oncogénesis están siendo estudiadas mediante sistemas *in vivo* e *in vitro* y a pesar de que las dificultades son grandes, la aplicación de métodos modernos de biología celular y molecular al estudio de la oncogénesis de la radiación ofrece prometedoras esperanzas de una mejor comprensión en el futuro. Algunos aspectos de las necesidades de investigación así como de las perspectivas de futuro se recogen brevemente en este anexo.

EFFECTOS DE LA DOSIS Y DE LA TASA DE DOSIS

La información sobre el riesgo de cán-

cer en poblaciones humanas proviene principalmente de grupos expuestos a dosis y tasas de dosis intermedias y altas. Está aceptado generalmente que la efectividad de las exposiciones disminuye en mayor proporción que la dosis para las dosis y tasas de dosis bajas. Esto se refleja en un término de segundo grado que se necesita a menudo para describir la relación de la respuesta a la radiación con efectos estocásticos a dosis y tasas de dosis altas. El factor de reducción puede variar con el tipo de neoplasia y con las condiciones físicas y biológicas de la exposición. En este anexo, se revisan los diferentes modelos biológicos de respuesta a las dosis de radiación de células y organismos y se analizan los datos experimentales proporcionados por estudios efectuados en animales y células en cultivo para determinar el rango de los factores de efectividad con la dosis y las tasas de dosis.

Los datos epidemiológicos sobre la influencia de las dosis y las tasas de dosis de radiación en la respuesta humana son escasos. Datos obtenidos de los supervivientes a las bombas atómicas en Japón indican que a bajas dosis un factor de reducción de aproximadamente dos sería el apropiado para la leucemia pero sería no mayor que uno para tumores sólidos. Los resultados obtenidos en estudios realizados sobre personas que trabajan con radiaciones son coherentes con valores bajos para el factor de reducción. La comparación entre la información existente sobre inducción de cáncer de tiroides mediante irradiación externa aguda y por exposición a tasas de dosis bajas debidas a la ingesta de ^{131}I arroja un factor de reducción de alrededor de tres, aunque hay interrogantes acerca de la heteroge-

neidad de las dosis, con incertidumbres considerables en las propias estimaciones de dosis y del efecto que la edad pueda tener sobre la reducción global del riesgo. Para el cáncer de mama en mujeres, la información es conflictiva, y se puede encontrar un rango de factores de reducción de entre uno y tres.

Como una guía para la aplicación de factores de reducción, el UNSCEAR considera que tasas de dosis menores que 0.1 mGy/min (promediadas en una hora) o dosis agudas menores de 200 mGy podrían ser consideradas como bajas. El UNSCEAR sacó en consecuencia que aunque con cautela, los factores de reducción para exposiciones a radiaciones de bajo LET podrían ser considerados similares a los obtenidos de los datos de los supervivientes de la bomba atómica, por ejemplo probablemente factores no mayores que tres. Los datos disponibles son insuficientes, sin embargo, para hacer recomendaciones en tejidos especiales. Para exposiciones a radiaciones de alto LET hay poca evidencia de que existan efectos de tasa de dosis o de fraccionamiento de dosis para dosis bajas e intermedias. Para enfermedades hereditarias, la adopción de un factor de reducción de tres se sustenta en datos experimentales en ratones macho. Un estudio indica que este factor podría ser mayor para ratones hembra.

EFFECTOS HEREDITARIOS

No ha sido posible confirmar directamente la existencia de mutaciones inducidas por radiación en poblaciones humanas, por lo que las estimaciones de riesgo genético han tenido que basarse en los conocimientos generales de genética humana y en la extrapolación de resulta-

dos obtenidos en experimentos con animales.

En cualquier caso, el conocimiento de la genética humana a nivel molecular está aumentando rápidamente. Un análisis más preciso del tipo de daño genético provocado por diversos agentes, incluyendo la radiación, es ahora posible gracias a nuevas técnicas de laboratorio. Se está obteniendo información, además, a partir de tipos no tradicionales de herencia, como el mosaicismo, la impronta genómica, la disomía uniparental, la amplificación de genes y la herencia citoplasmática. La complejidad inherente al tema, puede hacer sin embargo, que la estimación del riesgo genético sea todavía más difícil e incierta.

La especificación del componente genético de las enfermedades y especialmente de las comúnmente llamadas enfermedades multifactoriales, que pueden aparecer a lo largo de la vida y con virulencia cambiante, es un problema especialmente difícil. Si se desarrollaran a través de mecanismos no tradicionales, pudieran existir efectos transgeneracionales que se manifestarían después de las generaciones F_1 y F_2 . Hay pocos datos para cuantificar estos riesgos.

Por lo tanto, el UNSCEAR ha concluido que no hay razón para alterar las actuales estimaciones del riesgo genético. Tanto los métodos directos como los indirectos (dosis dobladora) para analizar datos procedentes de animales pueden ser empleados para estimar tal riesgo, pero reconociendo las limitaciones de ambos métodos. La influencia de las radiaciones sobre las enfermedades multifactoriales, sobre la regulación genética y sobre for-

mas no tradicionales de herencia no son bien conocidas y se pueden necesitar varios métodos de estimación. El estudio de los hijos de los supervivientes a las bombas atómicas en Japón puede ser un medio útil para ampliar los límites actuales de las estimaciones de riesgos genéticos: estos datos indican que los efectos hereditarios debidos a exposiciones moderadamente agudas de una población humana grande son mínimos. Se necesitan más resultados a partir de estudios a nivel molecular tanto con humanos como con animales.

EFFECTOS SOBRE EL CEREBRO

El cerebro humano en desarrollo es especialmente sensible a la radiación ionizante. Esta sensibilidad es consecuencia de la complejidad estructural del cerebro, su largo período de desarrollo (y por tanto de sensibilidad), la vulnerabilidad de las neuronas indiferenciadas, la necesidad de migraciones celulares a posiciones funcionales, y la incapacidad del cerebro para regenerar la mayor parte de las neuronas perdidas.

Los principales efectos de la radiación y los períodos sensibles han sido identificados a partir de los supervivientes a las bombas atómicas en Japón que sufrieron la exposición estando todavía in utero. De un grupo de 1541 supervivientes, se observaron 30 casos de retraso mental severo. La mayoría de estos casos ocurrieron en aquellos que sufrieron la exposición en un período de alta sensibilidad que tiene lugar entre 8-15 semanas después de la concepción; un período secundario de sensibilidad reducida ocurre 16-25 semanas después de la concepción.

La información de que se dispone indica que el daño causado por una exposición de 1 Gy dentro del período más vulnerable (8-15 semanas después de la concepción) aumenta la frecuencia de retraso mental en un 40% aproximadamente (respecto a una frecuencia de base de un 0.8%) y disminuye el IQ (coeficiente de inteligencia) en 25-30 puntos siendo ambos datos concordantes. Una exposición en este período crítico causa asimismo una disminución en el rendimiento medio escolar y aumenta el riesgo de ataques no provocados. No existen señales claras de la existencia de umbrales para estos efectos entre los individuos expuestos en el período más crítico. Para el período de entre 16-25 semana no se observaron casos de retrasos mentales severos en exposiciones de menos de 0.5 Gy. Es razonable sostener que los riesgos son menores para exposiciones crónicas, pero los datos son demasiado limitados para aportar estimaciones cuantitativas.

EFFECTOS SOBRE LOS NIÑOS

Los efectos determinísticos de las radiaciones ionizantes son el resultado de exposiciones que causan suficiente daño o muerte celular como para perjudicar la función del tejido u órgano irradiado. Todos los tejidos y órganos pueden llegar a ser afectados, pero los tejidos pueden variar en su sensibilidad; los ovarios, los testículos, la médula espinal, el tejido linfático y el cristalino se encuentran entre los organos más sensibles a la radiación.

Los efectos determinísticos en los niños, con sus tejidos creciendo activamente, son frecuentemente más severos que en los adultos. Ejemplos de tales daños determinísticos después de expo-

siciones a radiaciones en la infancia incluirían efectos adversos en el crecimiento y desarrollo, deficiencias hormonales, disfunciones en órganos y efectos en las funciones intelectuales y cognitivas. El anexo sobre los efectos determinísticos de la radiación en niños profundiza primordialmente en estudios recientes sobre efectos clínicos en niños sometidos a radioterapia. En la medida que las tasas de supervivencia aumentan, algunos de los efectos se muestran más claramente, pero en cualquier caso, los grupos de estudio son pequeños y los plazos de seguimiento son limitados. En los tratamientos se han utilizado con frecuencia la cirugía y la quimioterapia además de la radioterapia; por ello no siempre es posible aislar el efecto de la radiación.

Los efectos en los tejidos que se recogen en este anexo, incluyen aquellos que afectan al cerebro, sistema endocrino, gónadas, esqueleto, ojos, sistema cardiovascular, pulmón, pecho, hígado, región gastro-intestinal, riñón y médula espinal. Uno de los objetivos es determinar los niveles críticos de dosis para los que aparecen los efectos determinísticos. En general, los niños más pequeños son más sensibles que los de mayor edad, pero debido a la insuficiencia de datos no es posible, con todo, cuantificar los efectos por edades en la mayoría de casos.

El informe UNSCEAR 1993 "Sources and Effects of Ionizing Radiation" (928 páginas) está disponible en la Sección de Ventas, Naciones Unidas, Ginebra o Nueva York, a un precio de \$90.



LOS EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS DOSIS BAJAS DE RADIACION IONIZANTE

H

ace pocas semanas, cuando el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) presentó su informe regular del año 1994 a la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, la comunidad internacional tuvo a su alcance una amplia visión de los efectos biológicos de la radiación ionizante a dosis bajas. El informe de 1994, de 272 páginas, trata específicamente los estudios epidemiológicos de la carcinogénesis por radiación y las respuestas

adaptativas de las células y organismos a la radiación; fue concebido con la intención de suplementar el informe del UNSCEAR de 1993 a la Asamblea General - un documento extenso de 928 páginas - en el que se presentaron los niveles de radiación global a los que está expuesta la población mundial, así como algunos temas sobre los efectos de las radiaciones ionizantes, incluyendo los mecanismos de la oncogénesis debida a la exposición a las radiaciones, la influencia del nivel de dosis y de tasa de dosis sobre los efectos estocásticos de la radiación, los efectos hereditarios de la radiación, los efectos de la radiación sobre el cerebro humano en desarrollo y los efectos deterministas tardíos en niños.

Abel J. González
Director Adjunto de la División
de Seguridad Nuclear
del Organismo Internacional de
Energía Atómica, Viena

Traducción del original en inglés:
Alejandro Placer - Asesor Técnico,
CSN, Madrid

Considerados en conjunto, estos dos informes del UNSCEAR constituyen un resumen impresionante del conocimiento actual sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Este artículo - si bien no puede cubrir toda la información disponible - expone de manera sumaria los puntos esenciales de ambos informes.

Few weeks ago, when the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) submitted to the U.N. General Assembly the UNSCEAR 1994 report, the international community had at its disposal a broad view of the biological effects of low doses of ionizing radiation. The 1994 report (272 pages) specifically addressed the epidemiological studies of radiation carcinogenesis and the adaptive responses to radiation in cells and organisms. The report was aimed to supplement the UNSCEAR 1993 report to the U.N. General Assembly - an extensive document of 928 pages - which addressed the global levels of radiation exposing the world population, as well as some issues on the effects of ionizing radiation, including: mechanisms of radiation oncogenesis due to radiation exposure, influence of the level of dose and dose rate on stochastic effects of radiation, hereditary effects of radiation, radiation effects on the developing human brain, and the late deterministic effects in children.

Those two UNSCEAR reports taken together provide an impressive overview of current knowledge on the biological effects of ionizing radiation. This article summarizes the essential issues of both reports, although it cannot cover all available information.

LOS EFECTOS RADIOBIOLÓGICOS: SU CONOCIMIENTO ACTUAL

Desde el comienzo del siglo XX se ha sabido que las dosis altas de radiaciones ionizantes producen daños clínicamente detectables en un individuo expuesto a ellas, que pueden resultar tan severos como para llegar a ser fatales. Hace algunas décadas se hizo evidente que también las dosis de radiación bajas podían inducir efectos severos sobre la salud. Gracias a los trabajos del UNSCEAR, estos efectos se conocen ahora mejor y en forma más amplia. En este artículo se resumen los puntos fundamentales de la evaluación de los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante

realizada por el UNSCEAR (en adelante denominadas "**dosis de radiación bajas**" [véase el Cuadro I]). También se revisan brevemente las teorías plausibles sobre los efectos a nivel celular, los modelos de carcinogénesis radioinducida, las enfermedades hereditarias y los efectos sobre el embrión (incluyendo la evidencia radioepidemiológica disponible) y, finalmente, los modelos para la evaluación del consecuente riesgo de las radiaciones. En las Conclusiones, se presentan en forma resumida las estimaciones cuantitativas actuales del UNSCEAR.

EFFECTOS A NIVEL CELULAR Daño en el ADN

■ Los efectos biológicos de las radia-

ciones derivan del daño que éstas causan en la estructura química de las células; fundamentalmente, del daño que producen en el *ácido desoxirribonucleico* (ADN) existente en los núcleos de las células, que es quien transmite la información que pasa de una célula a su descendencia (véase la Figura 1). Los daños más preocupantes son los que ocurren en las *células madre*, incluyendo la *mutación puntual de un gen* y el *daño clastogénico*, tales como las rupturas cromosómicas, las deleciones y las recombinaciones, a las que se denomina habitualmente *mutaciones del ADN*. Existen muchas causas posibles de mutación del ADN y la exposición a la radiación es sólo una de ellas. La mutación radioinducida del ADN puede ocurrir directamente

CUADRO I

¿QUÉ ES RADIACION? El término *radiación* se aplica a la energía que se propaga bajo la forma de ondas electromagnéticas o fotones, o bajo la forma de partículas subatómicas. *Radiación ionizante* es aquella que tiene energía suficientemente alta para originar la producción de pares de *iones* en el medio a través del cual pasa. Son *iones* los átomos o grupos de átomos que han perdido o ganado uno o más electrones quedando así positiva o negativamente cargados, y los correspondientes electrones complementarios. En lo referente a efectos biológicos, el medio en el que se producen los pares de iones es el material biológico; más específicamente, el material celular.

¿QUÉ ES UNA DOSIS DE RADIACION? El término *dosis [absorbida] de radiación* significa en general la cantidad de energía de la radiación ionizante que es absorbida por la unidad de masa del material irradiado. Esta magnitud se expresa en unidades de energía divididas por unidades de masa, es decir - en el sistema internacional de unidades - julio/kilogramo, que toma el nombre de gray (Gy). 1 Gy es igual a 1.000 miligray (mGy). Para ser usada con propósitos de protección radiológica, la dosis absorbida es ponderada para tener en cuenta la eficacia de los diferentes tipos de radiación y la radiosensibilidad de los distintos órganos y tejidos. La magnitud resultante se denomina sievert (Sv). 1 Sv es igual a 1.000 milisievert (mSv). Para fotones en el rango de energías intermedias, 1 mGy es aproximadamente igual a 1 mSv.

¿QUÉ ES UNA DOSIS DE RADIACION BAJA? El término *dosis de radiación baja* se usa para referirse a una dosis de radiación menor que ciertos niveles determinados; algunas veces se usa también de manera informal para significar una tasa de dosis baja, es decir, una dosis baja por unidad de tiempo. En foros radiobiológicos especializados - como el UNSCEAR - una dosis (y tasa de dosis) baja se refiere a situaciones en las que resulta muy improbable que ocurra más de un evento de absorción de energía de la radiación en las partes críticas de una célula (y que la dañe) durante el tiempo en el que pueden operar en ella sus mecanismos de reparación. Por ejemplo, el UNSCEAR concluye que una dosis de radiación baja corresponde a una dosis total menor de 200 mGy y a tasas de dosis por debajo de 0,1 mGy/min (que en realidad es una tasa de dosis muy elevada, de aproximadamente 5.000 mGy/año) . Para las personas no especializadas, las dosis de radiación bajas serían aquellas que corresponden a dosis similares a las que son experimentadas habitualmente; por ejemplo, la exposición al fondo natural de radiación o algunas exposiciones muy comunes como las que ocurren durante los viajes en avión. La exposición al fondo natural de radiación varía ampliamente alrededor del mundo. Algunos valores "normales" [y elevados] de dosis anuales son los siguientes: para rayos cósmicos, 0,38 mSv [2,0 mSv]; para radiación de la corteza terrestre, 0,43 mSv [4,3 mSv]; para exposición al radón, 1,2 mSv [10 mSv]; con un valor promedio total de aproximadamente 2,4 mSv. La dosis promedio anual para personas que vuelan muy frecuentemente (como la tripulación de los aviones) es de unos 2,5 mSv. Estos niveles de tasas de dosis del orden de algunos milisievert por año producirían, a lo largo de toda la vida, una dosis de 100 mSv aproximadamente, que está dentro del orden de magnitud de las dosis de radiación bajas así designadas por el UNSCEAR.

(1) Algunos especialistas en dosimetría han argüido - basándose en condiciones microdosimétricas relativas a las células - que sólo podría considerarse como dosis bajas a las inferiores a unos 0,2 mGy; sin embargo, el UNSCEAR concluyó que no parece haber ningún dato experimental o epidemiológico que apoye esa opinión.

FIGURA 1 LA EXPOSICION A LA RADIACION Y LA CELULA

La interacción de las radiaciones con el material biológico ocurre en la más pequeña unidad de materia viva capaz de existir independientemente: la *célula* [a]. Las radiaciones pueden ionizar átomos y moléculas, tanto en el protoplasma como en el núcleo de la célula. Uno de los blancos potenciales de la radiación en el núcleo celular son los *cromosomas* [b] constituidos por hilos de cromatina - una sustancia formada por proteínas, ácido ribonucleico y el componente más esencial de la vida, el *ácido desoxirribonucleico* (ADN) [c]. Este es una molécula compleja con forma de hélice doble constituyendo una escalera espiral, en la que las ramas son moléculas orgánicas consistentes de azúcar *desoxirribosa* [d]. Las ramas están unidas entre sí por enlaces hidrógeno a nivel de bases específicas complementarias llamadas *adenina, citosina, guanina y timina* [e].

En los seres humanos, cada célula somática contiene 46 cromosomas (22 pares llamados *autosomas* y un par de cromosomas sexuales específicos que operan en el mecanismo de discriminación del sexo) y en tal caso se dice que la célula es *diploide*. Las células reproductoras tienen un conjunto de 23 cromosomas no duplicados y son descritas como *haploides*. Los cromosomas portan los *genes*. El gen es la parte más corta de un cromosoma que no puede ser separada y que puede sufrir una *mutación*, es decir un cambio repentino al azar que puede causar que la célula afectada y las derivadas de ella difieran en aspecto o comportamien-

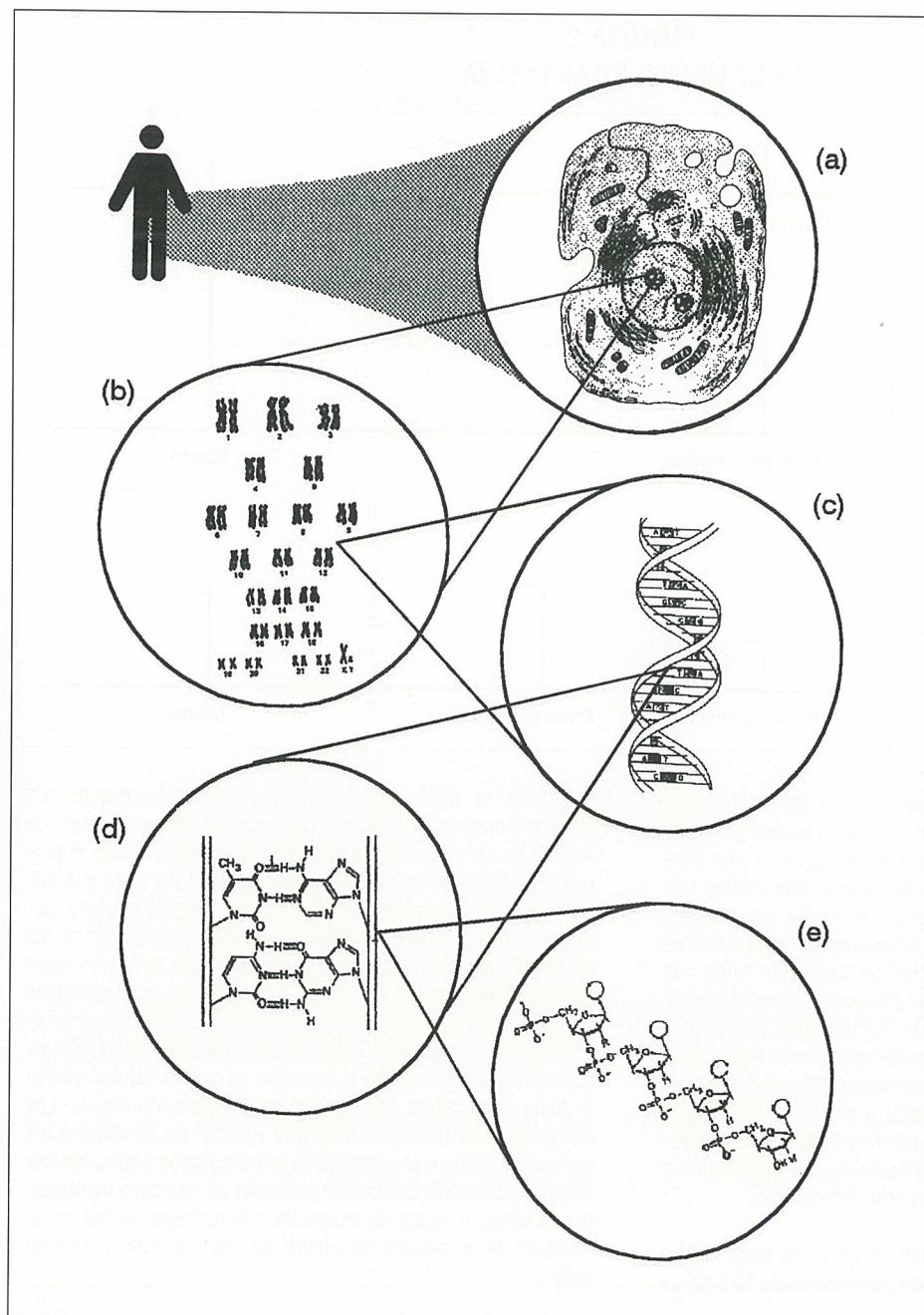
to. El gen es una unidad de herencia que determina la característica individual de un organismo. Existe en formas alternativas llamadas *alelos* (habitualmente dos, uno de cada progenitor) que ocupan la misma posición relativa en los cromosomas que tienen la misma característica estructural. Un alelo puede ser *dominante* respecto del otro y determinar por tanto qué aspecto de una dada característica particular será la que muestre el organismo; el otro alelo "dominado" es conocido como *recesivo*. Los medios por los cuales la información genética existente en el ADN controla la producción de proteínas específicas en la célula son denominados *código genético* y todos los genes contenidos en un conjunto individual de cromosomas forman el *genoma*. Las células blanco para los efectos de la radiación son las *células madre*, es decir, las células progenitoras a partir de las cuales se desarrollarían las células mutadas. El cuerpo humano contiene alrededor de 100 billones de células (10^{14}), de las cuales entre 10^{10} y 10^{11} tienen propiedades similares a las células madre. La fracción de células madre varía según los tejidos y órganos, y también con la edad del individuo. Las células se derivan de las células madre a través de la *mitosis* o división en dos células idénticas, cada una de las cuales tiene un núcleo que contiene el mismo número y tipo de cromosomas que la célula progenitora. Algunas células que son progenitoras de células reproductoras se dividen a través de la *meiosis*, dando lugar a la formación de células que tienen

la mitad del número de cromosomas de la célula progenitora. Las células más prolíficas del cuerpo humano tienen un tiempo de ciclo celular de aproximadamente 12 horas.

Las interacciones de las radiaciones con las células ocurren al azar. A dosis de radiación bajas puede haber una gran cantidad de radiaciones incidentes sobre cada célula pero la frecuencia de las interacciones es extremadamente baja debido a la muy pequeña *sección eficaz* de interacción, es decir que la probabilidad de que ocurra realmente una interacción es baja. Si se supone que la célula es esférica, con un diámetro de aproximadamente 10 micrómetros, una dosis de radiación baja de 1 mGy por año originada por fotones de 1 MeV de energía producirá en promedio aproximadamente una interacción por célula por año. Además se espera que las mutaciones del ADN resultantes de esas interacciones también ocurran al azar.

La radiación puede inducir la ionización de cualquier molécula existente en la célula. Si ocurre, un resultado importante es la producción de *radicales químicos* activos en el material celular, es decir, de componentes de la célula con un electrón de valencia impar que, por lo tanto, son en general extremadamente reactivos. Sin embargo, el efecto más significativo de la ionización en una célula es el que ocurre en el propio ADN. El ADN puede ser dañado por la radiación en forma directa. El daño se expresa como una *mutación puntual del gen*, es decir un cambio local del código

genético, o como una *mutación clastogénica*, es decir un daño destructivo como la ruptura cromosómica, la recombinación de partes de cromosomas y las deleciones de información genética. Una mutación puede ser efectivamente reparada por la célula a través de mecanismos que todavía no están bien comprendidos (véase Respuesta adaptativa). Es probable que si sólo ocurre una mutación en una de las bases de las ramas del ADN, su reparación sería fácil porque la base complementaria en la otra rama puede actuar aparentemente como plantilla de copia para la reparación; pero en el caso de mutaciones que ocurren en la misma posición de las dos ramas, o si ocurre un daño clastogénico, la reparación libre de error sería improbable. Parece que siempre existe una probabilidad de reparación errónea, inclusive en el caso de mutaciones puntuales en una sola rama. Si una mutación no es reparada en forma apropiada, el resultado para la célula puede ser de dos tipos: la célula muere (por ejemplo, a través de la *apoptosis*, o muerte por autodestrucción programada mediante fragmentación y fagocitosis) o la célula se transforma y da origen a una nueva familia de células mutadas. Los dos resultados alternativos pueden tener consecuencias muy diferentes para el organismo. En general, la muerte de las células no tiene consecuencias serias para el organismo salvo que su número sea muy grande; pero una célula transformada puede evolucionar de manera tal como para causar efectos sanitarios severos: si la célula transformada es somática puede causar una



mediante la ionización de la propia estructura del ácido y en forma indirecta a través de la producción de radicales químicos activos en la vecindad de las moléculas de ADN, que pueden difundir dentro de éstas e inducir cambios químicos.

Mecanismos reparadores

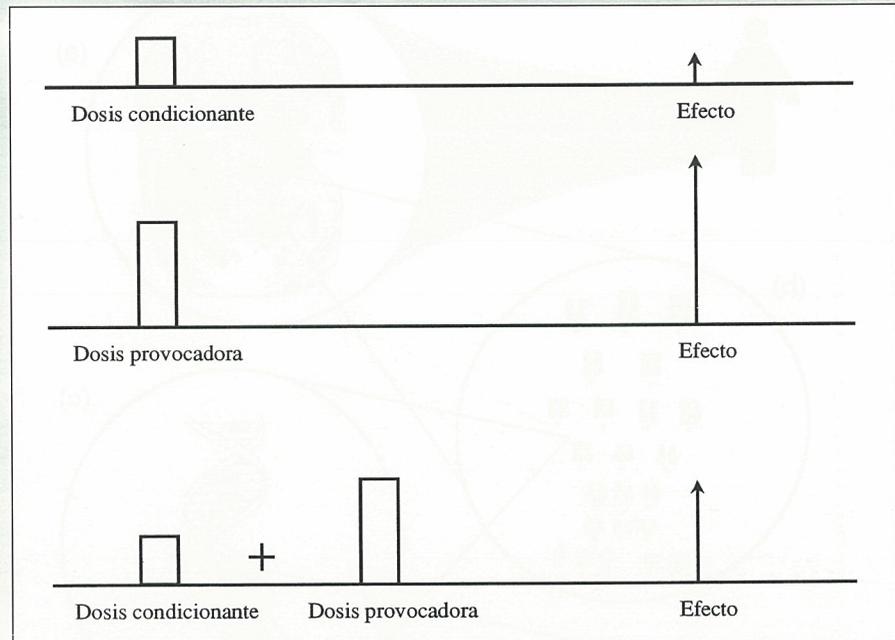
■ La mutación del ADN está sujeta a mecanismos reparadores eficientes. Si el daño puntual está confinado a sólo una de las dos ramas helicoidales de la molécula de ADN, es altamente probable que se produzca una reparación correcta, puesto que aparentemente la otra rama no afectada puede servir de modelo durante el proceso de reparación. Si se daña la segunda rama en la misma ubicación antes que se repare el daño en la primera rama, la reparación correcta del daño en ambos lugares se hace muy improbable. En cualquier caso, la reparación no está libre de error por lo que, aún en el caso de un daño puntual en una sola rama, existe una probabilidad de reparación

enfermedad maligna y si es germinal, efectos hereditarios. (Las células germinales son las que se encuentran en las túbulas seminíferas de los testículos [que se dividen por mitosis en *esperma-*

togonias y también por mitosis en *espermatoцитos* y por meiosis en *espermátides*, los que eventualmente se desarrollan en *espermatozoos*] así como las células especiales en el ovario denomina-

das *oogonias* [que se dividen por mitosis en *oocitos*, que después de dos divisiones meióticas se transforman en *óvulos*]. La fusión de un espermatozoo y un óvulo forma un *cigoto*).

FIGURA 2
RESPUESTA ADAPTATIVA



Desde hace muchos años se conoce la posibilidad de que las dosis de radiación bajas puedan causar cambios en las células y los organismos que reflejen una capacidad de compensación de los efectos de la radiación. Se ha sugerido que las estimaciones del riesgo de efectos estocásticos debidos a dosis de radiación bajas puedan haber sido sobrevaloradas porque no se ha tenido en cuenta este proceso, denominado adaptación o respuesta adaptativa. El término *respuesta adaptativa* es usado para hacer referencia a la posibilidad de que una dosis de radiación pequeña - denominada en forma variable como *dosis adaptadora*, *inductora*, *preparadora* o *condicionante* - pueda condicionar a las células mediante la inducción de procesos que reduzcan ya sea la incidencia natural de enfermedades malignas

o la probabilidad de que una dosis de radiación adicional - generalmente llamada *dosis provocadora* - cause un exceso de dichas enfermedades. La respuesta adaptativa de linfocitos *in vitro* tiene lugar entre unas 4 a 6 horas después de una exposición a una dosis condicionante en el rango de 5 a 200 mGy, y permanece efectiva durante tres ciclos celulares aproximadamente. Después de una dosis provocadora, la reparación se manifiesta como una reducción de los niveles esperados de aberraciones cromosómicas, intercambios cromosómicos gemelos, micronúcleos inducidos y mutaciones en locus específicos, algunas veces en un factor aproximadamente igual a dos. Además, las células de la médula ósea y los espermatozoides de ratones expuestos a una dosis provocadora después de haber recibido una dosis condicionante, también muestran una reducción de rupturas cromosómicas en comparación a las células expuestas solamente a una dosis provocadora.

Parece que muchos agentes pueden ser activados algún tiempo después de una exposición a una dosis condicionante y reducir las

mutaciones del ADN originadas por una exposición subsecuente a una dosis provocadora: ellos incluyen los genes que codifican los factores de transcripción (es decir, los factores que afectan el proceso de transferencia de la información genética del ADN) y la síntesis de enzimas involucradas en el control del ciclo celular y, por lo tanto, en la proliferación de las células y en la reparación de los daños. Algunas observaciones apoyan la hipótesis de que las dosis condicionantes activan ciertos genes y que esto es rápidamente seguido por la síntesis de las enzimas responsables de la reparación del ADN. Parece que si estas enzimas devienen disponibles en concentración adecuada en el momento en que las células reciben la dosis provocadora, la magnitud de la reparación mejora. Los mecanismos de respuesta adaptativa parecen ser similares a los que entran en operación después de una exposición a otros agentes tóxicos, incluyendo cantidades trazadoras de radicales oxidantes. Por lo tanto, la respuesta adaptativa a la radiación podría ser el resultado de un mecanismo general de respuesta celular ante un daño.

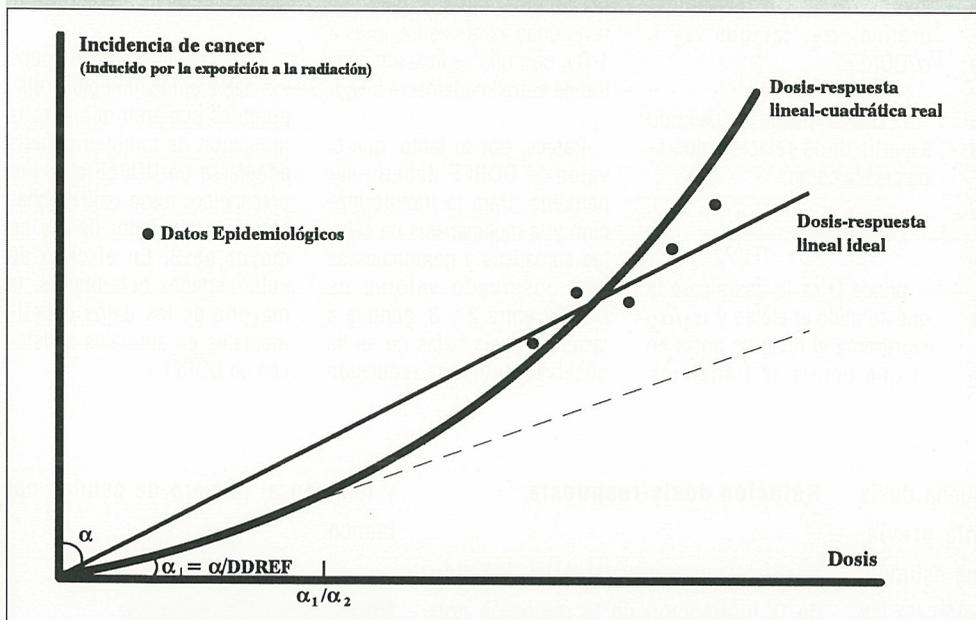
errónea. La respuesta reparadora de las *células madre* es la determinante de su destino propio y del de su descendencia. Aunque se repare la mayor

parte del daño, lo que tiene consecuencias para la célula y su descendencia es el daño remanente no reparado o mal reparado.

Evidencia de adaptación celular

■ Existe evidencia experimental de que las mutaciones del ADN pueden

FIGURA 3
RELACION DOSIS-RESPUESTA



completa si se tiene en cuenta un aumento de la reparación celular (véase Respuesta adaptativa).

Para dosis de radiación bajas, la radiación produce tan pocas trazas que resulta muy improbable que el núcleo de una célula sea atravesado por más de una traza. Por lo tanto, la curva dosis-respuesta para efectos en una célula debería ser lineal e independiente de la tasa de dosis. Luego, bajo las suposiciones precedentes, la así llamada *relación dosis-respuesta* (es decir, la relación matemática entre la dosis recibida y la probabilidad de expresión de un efecto atribuible a la radiación) está casi obligada a ser lineal e independiente de la tasa de dosis y a no tener un umbral de dosis:

Si se asume que la radiación actúa mediante interacciones de trazas únicas que ocurren al azar según una distribución de Poisson en una población homogénea de células, la frecuencia f de ocurrencia de uno o más impactos en una célula resulta dada por:

$$f = 1 - e^{-\lambda D}$$

donde D es la dosis y λ es el número promedio de interacciones críticas por célula y por unidad de dosis.

Si ocurren efectos multitrazas, la frecuencia resulta ser:

$$f = 1 - e^{-(\lambda_1 D - \lambda_2 D^2)}$$

Cuando la ecuación anterior se aplica a eventos de frecuencia baja, puede ser simplificada como sigue:

$$f = \lambda_1 D + \lambda_2 D^2 \dots$$

Todos los mecanismos de protección (incluyendo el de reparación) que tienen lugar entre la interacción efectiva y la expresión del efecto podrían ser contabilizados por un factor de reducción de λ de manera tal que $\alpha = k\lambda$. Por lo tanto, la probabilidad p de que un efecto atribuible al impacto inicial eventualmente se exprese está dada por:

$$p = \alpha_1 D + \alpha_2 D^2$$

Si se tiene en cuenta la influencia de la pérdida radioinducida de viabilidad celular, la probabilidad p debería decrecer a dosis más elevadas debido a la disminución del número de células madre originada por muerte celular. Entonces,

$$p = (\alpha_1 D + \alpha_2 D^2 \dots) e^{-\nu D}$$

en la que el factor exponencial representa la fracción de células que sobreviven a una dosis D . Esta expresión puede ser simplificada: para dosis en el rango medio y bajo, el factor exponencial se aproximará a la unidad, y, además, se ha encontrado que sólo se necesitan los dos primeros términos del polinomio para describir adecuadamente los datos experimentales. Entonces,

$$p = \alpha_1 D + \alpha_2 D^2$$

Esta expresión lineal-cuadrática es la que describe la relación teórica dosis-respuesta. Si bien esta relación es la que mejor se ajusta a los datos epidemiológicos disponibles, sería improbable que fuese la adecuada para describir y ser interpolada sobre toda la curva dosis-respuesta

$$p = \alpha_1 D$$

Por ello, esta expresión refleja la relación dosis-respuesta lineal y sin umbral que se usa actualmente para estimar los efectos de las dosis de radiación bajas con propósitos de protección radiológica. El valor α_1 se aproxima a $5 \times 10^{-5}/\text{mSv}$ para expresar los efectos carcinogénicos y a $1 \times 10^{-5}/\text{mSv}$ para expresar los efectos hereditarios (véanse las Conclusiones).

Dado que la mayoría de los datos epidemiológicos disponibles fueron obtenidos a

dosis altas, el enfoque que se utiliza habitualmente para evaluar el riesgo a dosis bajas es el de ajustar a los datos una relación dosis-respuesta lineal *ideal* y proyectarla hacia la zona de dosis bajas, en la que faltan datos. Como se supone que la curva dosis-respuesta *real* sigue una relación lineal-cuadrática en la que el término lineal prevalece a dosis bajas, debe aplicarse un factor de reducción - el así llamado "factor de eficiencia de dosis y tasa de dosis" (DDREF) - a la pendiente α_1 de la relación ideal

que se ajusta a todos los datos, para poder estimar la pendiente del componente lineal de la relación lineal-cuadrática, α_1 , tal que $\alpha_1 = \alpha_1 / \text{DDREF}$

El DDREF puede ser definido a partir de la relación dosis-respuesta como:

$$\text{DDREF} = 1 + \frac{D}{\alpha_1 / \alpha_2}$$

donde D es la dosis para la que se mide el efecto y α_1 / α_2 representa el nivel de dosis en el que ocurre la transición

entre las respuestas lineal y cuadrática (el análisis de datos epidemiológicos sobre tumores sólidos sugiere para ese nivel unos valores superiores a 1 Gy, con una estimación central de aproximadamente 5 Gy).

Parece, por lo tanto, que el valor de DDREF debería ser pequeño. Para la transformación y la mutagénesis de células somáticas y germinales se han observado valores de DDREF entre 2 y 3, aunque a tasas de dosis bajas no se ha observado ninguna reducción

de efectos (es decir, que el DDREF fue 1) dentro de un rango completo de dosis que varían en más de 10^5 .

Tomados en conjunto, todos los datos epidemiológicos disponibles sugieren que para la inducción de tumores debería adoptarse un DDREF que, por precaución, fuese bajo, probablemente alrededor de 2 y no mayor de 3. En el caso de enfermedades hereditarias, la mayoría de los datos experimentales en animales satisfacen un DDREF = 3.

ser reducidas por una pequeña dosis de radiación condicionante previa, debido probablemente a que estimule los mecanismos de reparación de las células. Tal proceso de *respuesta adaptativa* (véase la Figura 2) ha sido demostrado en linfocitos humanos y de ratones (glóbulos blancos de la sangre formados en los nódulos linfáticos), en fibroblastos de ratones (células que segregan fibras en la sustancia intercelular del tejido conectivo), en células de la médula ósea y en esperma. La respuesta celular es transitoria y parecen existir variaciones individuales. Como se reconoce que la eficacia de la reparación del ADN no es absoluta, la adaptación probablemente ocurre junto con los procesos de mutación del ADN y sus efectos subsiguientes. El balance entre la reparación celular estimulada y el daño residual todavía no resulta claro.

Relación dosis-respuesta

■ Si la mutación del ADN depende de la interacción de la radiación con una sola célula, sin interacciones entre distintas células, la frecuencia de esas mutaciones seguirá una relación lineal-cuadrática respecto de las dosis (Véase en la Figura 3 una discusión resumida de la respuesta en función de las dosis en el caso de exposición a las radiaciones). Además, si se asume que, para dosis de radiación bajas, las interacciones únicas son más dominantes que los efectos de trazas múltiples, la frecuencia de células con una o más interacciones y, en consecuencia, la frecuencia de las mutaciones del ADN, serán simplemente proporcionales a las dosis. En tal caso, si una fracción de las mutaciones se mantiene sin reparar, el número esperado de células mutadas será proporcional a las dosis

y también al número de células del blanco.

Muerte celular: efectos deterministas

■ Algunas de las interacciones de la radiación con la célula y de las mutaciones del ADN que no sean reparadas pueden conducir a la muerte de la célula mutada, impidiéndose así la generación de su descendencia. Esto puede ser el resultado de una necrosis celular (muerte patológica como consecuencia de un daño irreversible producido por la radiación), de una apoptosis celular (autodestrucción programada de la célula) o del impedimento de la reproducción normal de la célula por mitosis o meiosis. Para dosis de radiación bajas, la muerte celular es rara y, por lo tanto, ese proceso no tiene consecuencias para la salud debido a la redundancia de las

**FIGURA 4
CARCINOGENESIS**

Se cree que la carcinogénesis es un proceso de múltiples etapas que habitualmente se divide en tres fases: iniciación del cáncer, promoción del tumor y progresión maligna.

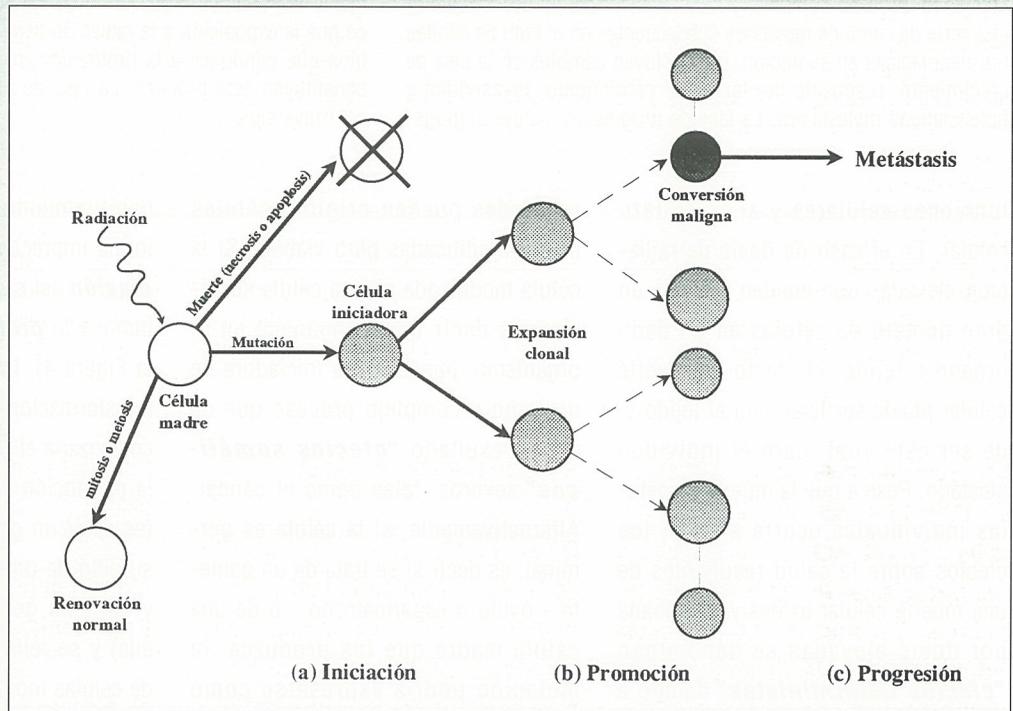
Iniciación del cáncer (a)

La mayoría de los cánceres, si no todos, parecen "iniciarse" en una mutación del ADN en una sola célula madre que, en consecuencia, deviene modificada y carcinogénica. Este proceso involucra una falta de control sobre el ciclo de reproducción y diferenciación celulares. Se presume que comienza

como resultado de la desactivación de los *genes supresores de tumores*, que parecen jugar un papel crucial en la regulación de la proliferación celular. La pérdida de actividad de estos genes, por ejemplo a través de una delección o de una mutación, pueden conducir a un crecimiento celular incontrolado. El proceso de iniciación de la carcinogénesis podría también ser el resultado de la conversión de *proto-oncogenes*, que parecen estar involucrados en la regulación de la proliferación y diferenciación de las células y que pueden potencialmente devenir en oncogenes y transformar la célula afectada en una célula maligna. Los tamaños relativos de los blancos para la inducción de estos eventos tenderían a señalar a los genes supresores de tumores como los blancos más radiosensibles. Se presume que el evento iniciador se centra en la desactivación de un solo gen entre varios genes posibles y que la iniciación es un proceso irreversible.

Promoción del tumor (b)

La fase de promoción involucra la expansión clonal de una célula madre iniciadora en un foco de células no diferenciadas terminalmente. La célula iniciadora puede ser estimulada o "promovida" para reproducirse por algunos agentes que, por sí solos, pueden



tener un potencial carcinogénico bajo, pero que son capaces de aumentar en gran medida la producción de neoplasmas inducidos por la previa exposición a un iniciador. La radiación, al igual que muchos otros agentes, puede actuar indistintamente como iniciador y como promotor. Después de la fase de iniciación, la célula transformada tiene alguna ventaja proliferativa o selectiva respecto de las células normales, como por ejemplo un tiempo de reproducción más corto. Sin embargo, las células transformadas y sus descendientes inmediatos están rodeadas por células normales, lo que restringe sus propiedades pre-neoplásicas al estar propensas a ser eliminadas en los respectivos procesos reproductivos competitivos. La eliminación se hace más improbable a medida que el número de células transformadas aumenta. Luego, la fase de promoción parece ser potencialmente interrumpible y reversible.

Progresión maligna (c)

Para completar la carcinogénesis en etapas múltiples, después de la iniciación y la promoción se necesita la ocurrencia de una fase adicional: la "progresión". Esta fase se caracteriza por una tendencia progresiva hacia una malignidad incrementada. La progresión podría ser facilitada por alteraciones adicionales en las células iniciadoras y promovidas, para hacerlas independientes

de promotores y volverlas invasivas. La característica fenotípica principal de la progresión maligna es la capacidad para dispersarse, o *metastizarse*, desde la masa del tumor primario y establecer focos de crecimiento secundario, o *metástasis*, en otros lugares. Este es un proceso complejo y multifacético que parece involucrar una serie de cambios genéticos subsecuentes en el clon de células pre-neoplásicas en evolución, que incluyen cambios en la tasa de crecimiento, respuesta del factor de crecimiento, invasividad y potencialidad metastásica. La fase de progresión incluye angiogé-

nesis, desprendimiento, invasión, liberación, supervivencia (interacción con el huésped), detección, extravasación e invasión, nuevo crecimiento, angiogénesis, ... y así sucesivamente, en un proceso repetitivo hasta que se producen las metástasis clínicamente importantes. Todavía no se conoce el momento y la forma en que la exposición a la radiación tiene influencia sobre los cambios que conducen a la progresión, ni las diferentes etapas que constituyen este proceso. La fase de progresión también parece ser irreversible.

funciones celulares y al reemplazo celular. En el caso de dosis de radiación elevadas que pueden matar a un gran número de células en un dado órgano o tejido, el efecto de muerte celular puede ser letal para el tejido y, de ser éste vital, para el individuo afectado. Pese a que la muerte de células individuales ocurre al azar, los efectos sobre la salud resultantes de una muerte celular extensiva originada por dosis elevadas se denominan "**efectos deterministas**" debido a que está predeterminado que ocurran cuando la dosis supera un cierto nivel umbral. Por lo tanto, los efectos deterministas no se expresan clínicamente a dosis de radiación bajas. Excepcionalmente, la muerte de una pocas células durante el desarrollo orgánico en el útero puede resultar en efectos dañinos severos que se expresen clínicamente en el recién nacido; en general, estos efectos son denominados "**efectos sobre el embrión**".

Transformación celular: efectos estocásticos

■ Otras mutaciones del ADN no

reparadas pueden originar células madre modificadas pero viables. Si la célula modificada es una célula somática, es decir que permanece en el organismo, puede ser la iniciadora de un largo y complejo proceso que dé como resultado "**efectos somáticos**" severos, tales como el cáncer. Alternativamente, si la célula es germinal, es decir si se trata de un gameto - óvulo o espermatozoo - o de una célula madre que los produzca, la mutación podría expresarse como "**efectos hereditarios**" en la descendencia de la persona expuesta. Estos efectos sanitarios, tanto somáticos como hereditarios, derivados de una modificación celular son denominados "**efectos estocásticos**" debido a que su expresión es de naturaleza aleatoria, es decir que ocurren al azar.

CARCINOGENESIS

Un proceso de etapas múltiples

■ Uno de los efectos estocásticos más importantes de las radiaciones es la *carcinogénesis* o inducción de cáncer. Se cree que la carcinogénesis es un proceso de etapas múltiples que

habitualmente se divide, aunque en forma imprecisa, en tres fases: la **iniciación** del cáncer, la **promoción** del tumor y la **progresión** maligna (véase la Figura 4). La iniciación involucra la transformación de la célula madre que comenzaría el proceso carcinogénico; la promoción se relaciona con un clon (es decir un grupo de células que han surgido de una célula iniciadora única y que son genéticamente idénticas a ella) y se refiere al crecimiento clonal de células modificadas que conducen a un tumor; y la progresión hace referencia a la fase eventual de propagación maligna. Aunque los mecanismos de iniciación, promoción y progresión no están completamente comprendidos todavía, se presume que, si bien la radiación podría actuar en cualquiera de las fases de un proceso carcinogénico, su papel carcinogénico principal ocurre en la etapa inicial, es decir que parece ser más un *iniciador* que un promotor o un agente progresivo.

Mecanismos de inmunorrespuesta y de vigilancia celular

■ Se ha argumentado que la respues-

ta inmunitaria podría no jugar un papel fundamental en la moderación de la carcinogénesis humana por radiación. Sin embargo, las funciones inmunitarias especializadas de ciertos órganos y la existencia de mecanismos de vigilancia celulares no inmunogénicos sugieren que una fracción de las células pre-neoplásicas tempranas podría ser eliminada antes de que se establecieran realmente. Otros mecanismos defensivos contra la inducción y el desarrollo de tumores incluyen la reparación del ADN (véase la Figura 2), la apoptosis, la diferenciación terminal y la supresión fenotípica. En su conjunto, estos mecanismos reducirán la probabilidad de que una célula específicamente dañada progrese hacia una malignidad franca. Sin embargo, la estimación de esa probabilidad es extremadamente difícil.

Respuesta adaptativa de los organismos

■ En la literatura se encuentran informes sobre evidencias de respuestas adaptativas ante la exposición a la radiación de mamíferos de laboratorio. Las manifestaciones incluirían: una tasa de crecimiento acelerada de los animales jóvenes, un incremento de la capacidad reproductora, una duración de vida extendida, efectos estimuladores sobre el sistema inmunológico y una incidencia menor que la esperable de tumores espontáneos. Sin embargo,

debido a la falta de evidencia concluyente, el UNSCEAR se mantiene indeciso en cuanto a que la adaptación también ocurra a nivel del sistema celular y a que el sistema inmunológico juegue algún papel en el proceso.

Evidencia epidemiológica de la carcinogénesis

■ Aunque todavía no es posible determinar clínicamente si una enfermedad maligna específica fue causada o no por la radiación, se ha detectado y cuantificado estadísticamente la existencia de tumores y leucemias radioinducidos mediante estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas a dosis de radiación relativamente elevadas. Desde su iniciación hasta la expresión clínica del cáncer transcurre un período de tiempo denominado período de latencia. Su duración varía con el tipo de cáncer, desde algunos años en el caso de la leucemia, hasta décadas en el caso de tumores sólidos (de órganos o tejidos). La acción de la radiación es sólo uno de los muchos procesos que influyen en el desarrollo de las enfermedades malignas y, por lo tanto, se ha encontrado que la edad en la que se expresa una enfermedad maligna radioinducida no difiere de la edad en la que ocurre de forma espontánea.

■ Los estudios epidemiológicos sobre diferentes poblaciones expues-

tas en general a dosis y tasas de dosis elevadas, incluyendo los sobrevivientes de los bombardeos atómicos en Hiroshima y Nagasaki y pacientes expuestos en procedimientos médicos terapéuticos, han dado una asociación inequívoca entre las dosis de radiación y la carcinogénesis. La fuente más completa de información epidemiológica primaria es el estudio a lo largo de toda la vida de los sobrevivientes japoneses. Ese estudio demostró una correlación positiva entre las dosis de radiación recibidas y el incremento subsiguiente en la incidencia y mortalidad de tumores de pulmón, estómago, colon, hígado, mama, ovario y vejiga y, también, de varias formas de leucemia, pero no para casos de linfomas o mielomas múltiples. Los datos relativos a incidencia también mostraron evidencia de excesos de cáncer de tiroides y de piel (excluidos los melanomas). Sin embargo, el estudio suministra escasa o ninguna evidencia de la radioinducción de cánceres de recto, cuello y cuerpo uterinos, vesícula biliar, laringe, próstata, páncreas, riñón, pelvis renal y testículo ni tampoco de la leucemia linfocítica crónica y la enfermedad de Hodgkin. De los aproximadamente 86.300 individuos incluidos en la cohorte de ese estudio, durante el período 1950-1987 se produjeron 6.900 muertes debidas a tumores sólidos, *pero sólo unas 300 de esas muertes por cáncer pueden ser estadísticamente atribuidas a la expo-*

sición a la radiación (aunque no sean identificables individualmente). Los datos epidemiológicos sobre la incidencia de *leucemia* en el mismo período indican que *75 de los 230 casos ocurridos* pueden ser atribuidos estadísticamente a dicha exposición.

■ Los estudios epidemiológicos sobre los efectos de la exposición a tasas de dosis bajas han mostrado evidencias conflictivas. Mientras algunos de los estudios ocupacionales han informado un exceso significativo del riesgo de leucemia en los trabajadores expuestos a la radiación, lo que está de acuerdo en general con las estimaciones derivadas de estudios relativos a tasas de dosis elevadas, otros han fracasado en demostrar cualquier correlación positiva. Sin embargo, los estudios sobre el cáncer de pulmón en los mineros ocupacionalmente expuestos al radón han podido suministrar una correlación consistentemente positiva entre el exceso de incidencia del cáncer y las dosis de radiación.

■ Se han llevado a cabo muchos estudios de exposición ambiental, especialmente sobre la incidencia de leucemia en las poblaciones que viven cerca de instalaciones nucleares. Si bien unos pocos estudios de ese tipo dieron inicialmente correlaciones positivas entre los clusters de casos de leucemia y la cercanía de instalaciones

nucleares, la evidencia adicional indica que es improbable que esos *clusters* puedan ser atribuidos a la exposición a la radiación. Una excepción particular resulta ser un estudio de la población expuesta a descargas de materiales radiactivos de nivel elevado en el río Techa, en la ex-URSS, entre los cuales se ha encontrado un exceso de leucemias. Las comparaciones entre las incidencias de cáncer en áreas con niveles de exposición al fondo natural de radiación elevados y bajos no han mostrado ninguna asociación estadísticamente significativa.

Evidencia epidemiológica no concluyente de la respuesta adaptativa

■ Los estudios epidemiológicos sobre la respuesta adaptativa han tenido baja fuerza estadística y, por lo tanto, hasta el presente no muestran evidencias de una respuesta adaptativa que se exprese como un decrecimiento de la frecuencia de cánceres humanos de ocurrencia espontánea. Más aún, experimentos animales extensivos y un número limitado de datos humanos no muestran hasta ahora una evidencia concluyente en apoyo de la opinión de que la respuesta adaptativa de las células reduzca o incremente los riesgos de cáncer en el hombre debidos a los efectos de la radiación a dosis bajas.

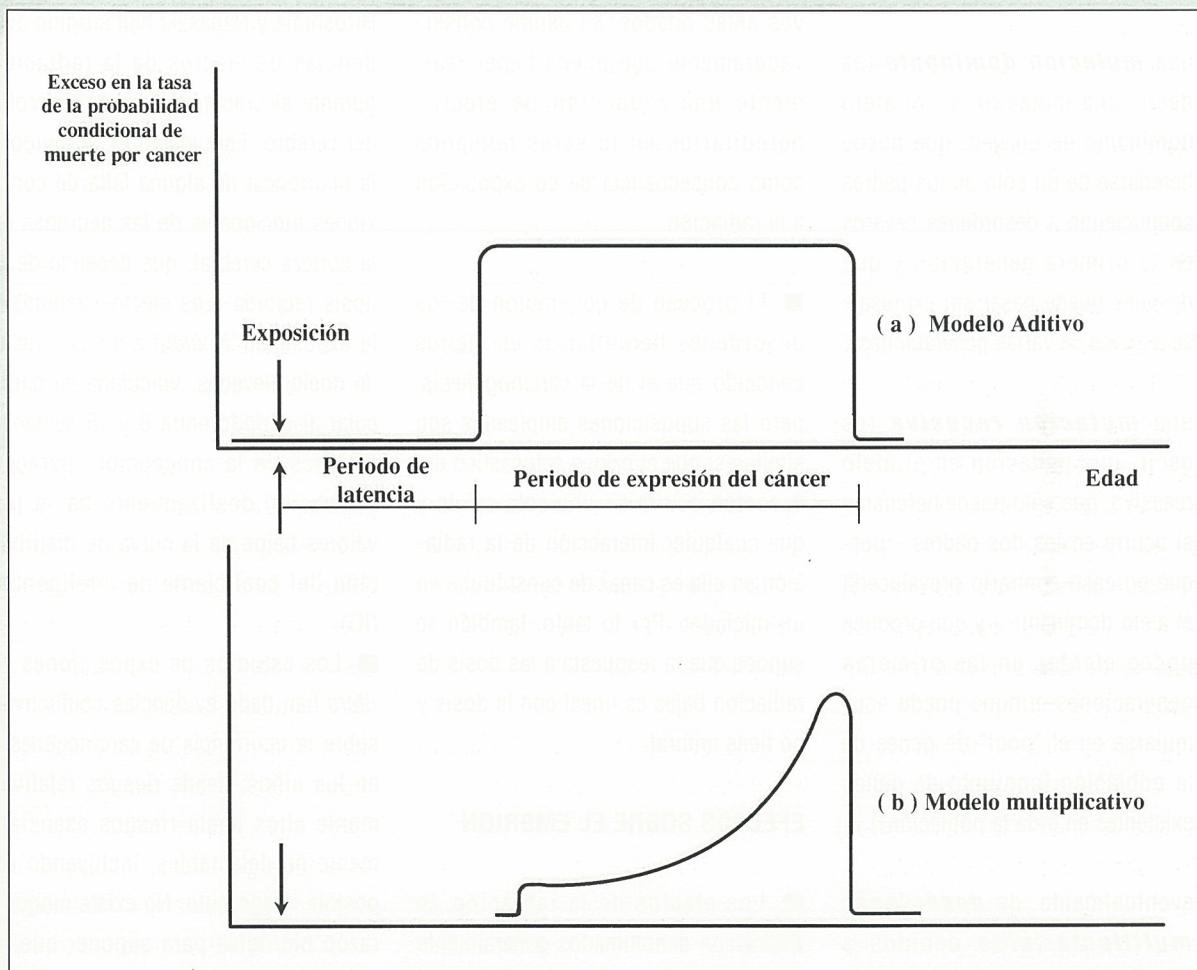
Una relación dosis-respuesta lineal a dosis bajas

■ Si se supone que la etapa de la carcinogénesis en la que la radiación juega su papel más importante es la *iniciación*, la probabilidad de inducción del cáncer por radiación debería estar relacionada con las dosis de acuerdo a la misma función que correlaciona la iniciación y las dosis. Esta es una relación lineal-cuadrática, que tiene una forma casi lineal en el rango de dosis bajas. Para estimar la pendiente de la supuesta relación lineal para las dosis y tasas de dosis bajas, se le aplica un "factor de eficiencia de dosis y tasa de dosis" (DDREF) bajo a la pendiente de una relación dosis-respuesta lineal ideal derivada de los datos epidemiológicos obtenidos con exposiciones a dosis y tasas de dosis elevadas (véase la Figura 3). Como se acepta que cualquier interacción única de la radiación es capaz de ser un iniciador si se asume que el cáncer se origina en una sola célula, no se espera la existencia de un umbral para las dosis bajas.

EFFECTOS HEREDITARIOS

■ Cualquier mutación no reparada del ADN en células germinales, que no sea letal para la célula afectada, puede ser transmitida en principio a las generaciones subsiguientes y manifestarse como **desórdenes hereditarios** en

FIGURA 5
MODELOS DE PROYECCION PARA LA CARCINOGENESIS



Se espera que los efectos estocásticos se expresen como un incremento de la tasa de probabilidad del efecto en la población expuesta. Dado que ese incremento no se expresará antes de un período de latencia mínimo que, por ejemplo, puede ser desde unos pocos años en el caso de leucemia hasta decenas de años para otras condiciones malignas, se necesita usar modelos de proyección para describir el subsecuente exceso de la tasa de probabilidad en función del tiempo. Se han usado dos modelos de proyección: uno *absoluto*, llamado **modelo aditivo** (a) y otro relativo, denominado **modelo multiplicativo** (b). En el modelo aditivo se presu-

me que el exceso en las muertes por cáncer, es decir el exceso de la tasa de la probabilidad condicional de muerte por cáncer, depende de la dosis y es independiente de la edad de la persona expuesta. En el modelo multiplicativo se espera que el exceso de la tasa de probabilidad se vaya incrementando con la edad a la misma tasa en que lo hace la tasa natural de ocurrencia de ese efecto. Se considera que el modelo multiplicativo se ajusta mejor a las observaciones epidemiológicas que el modelo aditivo y es el que se usa para la estimación del riesgo de la radiación (Fuente: Publicación ICRP 60).

los descendientes del individuo expuesto. Los desórdenes hereditarios pueden ser resultado de:

- una **mutación dominante** (es decir, una mutación en el alelo dominante de un gen, que puede heredarse de un solo de los padres conduciendo a desórdenes severos en la primera generación y que después puede pasar sin expresarse a través de varias generaciones);
 - una **mutación recesiva** (es decir, una mutación en el alelo recesivo, que sólo puede heredarse si ocurre en los dos padres - porque en caso contrario prevalecería el alelo dominante - y que produce pocos efectos en las primeras generaciones aunque puede acumularse en el "pool" de genes de la población [conjunto de genes existentes en toda la población]) y
 - eventualmente, de **desórdenes multifactoriales** debidos a mutaciones resultantes de la interacción de diversos factores genéticos y medioambientales.
- Los estudios epidemiológicos no han detectado con un grado de confianza estadísticamente significativo ningún efecto hereditario de la radiación en seres humanos. Sin embargo, basándose en la experimentación genética en un rango amplio de estu-

dios sobre organismos y células y teniendo en cuenta las limitaciones estadísticas de los hallazgos negativos antes citados, se asume conservadoramente que pueda haber realmente una inducción de efectos hereditarios en los seres humanos como consecuencia de su exposición a la radiación.

■ El proceso de generación de los desórdenes hereditarios es menos conocido que el de la carcinogénesis, pero las suposiciones empleadas son similares: que el origen estocástico del desorden ocurre en una sola célula y que cualquier interacción de la radiación en ella es capaz de constituirse en un iniciador. Por lo tanto, también se supone que la respuesta a las dosis de radiación bajas es lineal con la dosis y no tiene umbral.

EFFECTOS SOBRE EL EMBRION

■ Los efectos de la radiación **in útero** son denominados generalmente efectos sobre el embrión y pueden ocurrir en todos los estadios del desarrollo embrional, desde el cigoto y a través de la blástula hasta el feto. Incluyen efectos letales, malformaciones, retraso mental e inducción de cáncer. Los tres primeros pueden ser el resultado posible de efectos deterministas durante el desarrollo del embrión, particularmente durante el período de formación de los órganos.

■ Como consecuencia de algunas observaciones de retraso mental severo en niños expuestos *in útero* en Hiroshima y Nagasaki han surgido evidencias de efectos de la radiación durante el crecimiento y el desarrollo del cerebro. Este efecto es atribuido a la ocurrencia de alguna falta de conexiones funcionales de las neuronas en la corteza cerebral, que depende de la dosis recibida. Los efectos debidos a la exposición *in útero* a dosis y tasas de dosis elevadas, vinculada en particular al período entre 8 y 15 semanas después de la concepción, parecen indicar un deslizamiento hacia los valores bajos de la curva de distribución del coeficiente de inteligencia (IQ).

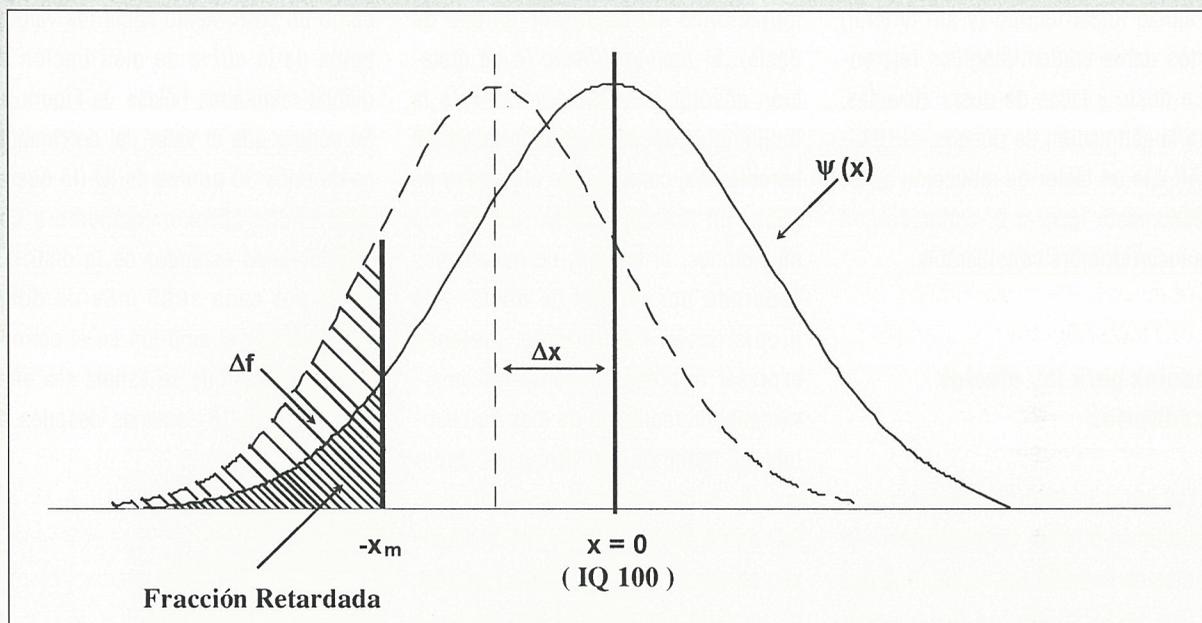
■ Los estudios de exposiciones *in útero* han dado evidencias conflictivas sobre la ocurrencia de carcinogénesis en los niños: desde riesgos relativamente altos hasta riesgos esencialmente no detectables, incluyendo un posible riesgo nulo. No existe ninguna razón biológica para suponer que el embrión sea resistente a la carcinogénesis, pero tal efecto no puede ser cuantificado con ningún nivel de certidumbre en base a los datos existentes.

EVALUACION DEL RIESGO DE LA RADIACION

Modelos para la carcinogénesis

■ Las evaluaciones del riesgo de car-

FIGURA 6
MODELO PARA LOS EFECTOS *IN UTERO*



El efecto de la exposición a la radiación de los niños in útero se modela como un corrimiento de la curva $\Psi(x)$ en 30 unidades IQ por cada 1.000 mSv de dosis. Δx corresponde al doble de la dosis, siendo la variable x el número de desviaciones estándar por debajo o por encima de IQ = 100. El valor x_m (negativo) denota el

número de desviaciones estándar por debajo de IQ = 100 para que un individuo sea clasificado como mentalmente retrasado. La figura muestra la fracción de niños retrasados, f , y el incremento de la fracción retardada, Δf , atribuibles a la exposición *in útero* (Fuente: Publicación ICRP 60).

cinogénesis se efectúan mediante la extrapolación de los limitados datos epidemiológicos disponibles, haciendo uso de suposiciones teóricas a partir de modelos radiobiológicos plausibles. Por ejemplo, para poder obtener el riesgo durante toda la vida de una población expuesta, es necesario proyectar la frecuencia de inducción del exceso de cánceres detectados en el período de observación, a lo largo de la duración completa de vida de la

población. Actualmente se hace mediante un **modelo "multiplicativo"** (en lugar de un **modelo "aditivo"** simple) (véase la Figura 5) en el que se supone que la tasa de cánceres inducidos se incrementará con la edad en proporción a la tasa de cánceres espontáneos (que también aumenta con la edad) según un cierto factor. El UNSCEAR usa tres proyecciones multiplicativas: una supone que la tasa relativa de excesos se mantiene cons-

tante durante toda la vida, y las otras dos, que esa tasa decrece en algún momento posterior a la exposición (El riesgo de muerte radioinducida es mayor en el caso del modelo constante, mientras que el número de años de vida perdidos por cada caso inducido puede resultar mayor con los otros modelos). Por otra parte, como se señaló anteriormente, debido a la falta de datos epidemiológicos sobre la inducción de cáncer y leucemia a

dosis bajas, debería aplicarse un factor de reducción (basado en el DDREF corriente) al riesgo que se deduce de un ajuste lineal teórico (y sin umbral) de los datos epidemiológicos referentes a dosis y tasas de dosis elevadas. Para la estimación de riesgos, el UNSCEAR usa un factor de reducción aproximadamente igual a 2, estimado con una incertidumbre considerable.

Modelos para los efectos hereditarios

■ Debido a la falta de evidencia epidemiológica directa, las incidencias de los efectos hereditarios radioinducidos en los seres humanos se estiman mediante dos métodos indirectos que usan datos obtenidos en experimentos con animales. El *método de la dosis dobladora* (o de mutación relativa) suministra la estimación en términos del número adicional de casos de una enfermedad hereditaria atribuida a la radiación, usando la frecuencia natural de esa enfermedad como marco de referencia. Se pretende expresar así la probabilidad de una enfermedad hereditaria que sea inducida por la radiación en relación a su ocurrencia natural en la población en general. (Así, la *dosis dobladora* es aquella que se espera que produzca tantas mutaciones como las que ocurren espontáneamente en una generación y se obtiene como cociente entre la tasa de muta-

ciones espontáneas en un locus - o posición - del gen concernido de un cromosoma, y la tasa de inducción de mutaciones esperada por unidad de dosis). El *método directo* (o de mutación absoluta) evalúa directamente la incidencia esperada de enfermedades hereditarias, combinando el número de genes en los que pueden ocurrir las mutaciones, el número de mutaciones esperado por unidad de dosis, y la propia dosis. Por lo tanto, pretende expresar la probabilidad de las enfermedades hereditarias de manera absoluta, en términos del incremento esperado en la frecuencia de la enfermedad. Las estimaciones de riesgos no incluyen en general los diferentes desórdenes y enfermedades hereditarios de etiología compleja y multifactorial, debido al hecho de que cualquier efecto de la radiación sobre la incidencia de desórdenes multifactoriales debe ser sólo leve y altamente especulativo.

Modelo para el efecto sobre el embrión

■ El perjuicio mental aparente en los niños expuestos in útero se manifiesta, entre otras cosas, como una disminución, relacionada con la dosis recibida, de los resultados de las pruebas de inteligencia. Dado que el resultado promedio del coeficiente de inteligencia (IQ) parece disminuir a medida que aumentan las dosis sin que se produz-

ca un incremento de la varianza de los resultados de las pruebas, la disminución del resultado IQ es modelado como un corrimiento hacia los valores bajos de la curva de distribución de dichos resultados (véase la Figura 6). Se estima que el valor del corrimiento es de unos 30 puntos de IQ (lo que es equivalente aproximadamente a dos desviaciones estándar de la distribución) por cada 1000 mSv de dosis incurrida por el embrión en el período más sensible, que se estima sea alrededor de 8 a 15 semanas después de la concepción.

Limitaciones de la radioepidemiología

■ Debe destacarse que en los estudios epidemiológicos relativos a niveles bajos de radiación existen limitaciones estadísticas y demográficas. Los errores estadísticos al azar que surgen de la comparación entre las poblaciones expuestas estudiadas y las poblaciones no expuestas usadas como control son enormes, debido a la combinación de dos factores : por una parte, la generalmente elevada probabilidad de cánceres y efectos hereditarios espontáneos y, por otra, el bajo riesgo de inducción de enfermedades malignas y efectos hereditarios atribuibles a niveles bajos de radiación. Para eludir esas limitaciones se requieren estudios de poblaciones muy grandes.

CUADRO II

RESUMEN DE LAS ESTIMACIONES CUANTITATIVAS DEL UNSCEAR

Estimaciones epidemiológicas

■ Para las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki, las estimaciones del riesgo durante toda la vida de cáncer fatal como consecuencia de una exposición de 1.000 mSv, calculadas mediante el uso de los riesgos relativos específicos según sexo y edad en el momento de la exposición, estimados a partir de los datos de mortalidad correspondientes al período 1950-1987 y utilizando la estructura demográfica y las tasas de mortalidad por cáncer natural de Japón en 1985 son:

1,1% para leucemia y 10,9% para tumores sólidos (12% en total).

Estos resultados pueden ser comparados con los valores derivados por el UNSCEAR en su informe de 1988, de 1,0% para leucemia y 9,7% para tumores sólidos. Las estimaciones del riesgo para suposiciones alternativas después de transcurridos 40 años desde el momento de la exposición son un 20-30% menores que el riesgo total del 12% para una exposición de 1.000 mSv mencionado anteriormente. Estas estimaciones son las siguientes:

- * del número total de muertes por cáncer ocurridas en los sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki desde que fueron altamente expuestos a las radiaciones debido a los bombardeos atómicos, sólo unas 300 pueden ser atribuidas a la radiación (aunque no pueden ser identificadas individualmente).
- * los datos son consistentes con una relación dosis-respuesta lineal entre 4.000 y 200 mSv, aunque a dosis bajas la evidencia provista es pequeña.
- * el promedio estimado del número de años de vida perdidos por cada caso de cáncer subsiguiente a una dosis aguda de 1.000 mSv es aproximadamente de 11 años para tumores sólidos y 28 años para la leucemia.

Los estudios de otras poblaciones expuestas a las radiaciones, como los pacientes de cáncer cervical y de espondilitis anquilosante y los niños tratados por tinea capitis, suministran estimaciones de riesgos que apoyan en general las derivadas de los datos de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos.

Estimaciones radiobiológicas

■ Las suposiciones que se derivan de los estudios radiobiológicos, basadas a veces en datos epidemiológicos, pueden ser resumidas como sigue:

- * número de células del cuerpo humano: 10^{14}
- * número de células madre potenciales para la inducción de neoplasias: 10^{10} - 10^{11} por individuo
- * el evento iniciador es una mutación única por desactivación o pérdida de un gen entre aproximadamente 10 genes posibles
- * la tasa de mutaciones inducidas (por célula) en esos genes es 10^{-5} /1.000 mGy
- * la probabilidad de exceso de enfermedades malignas es de aproximadamente 10%/1.000 mGy (dosis aguda)
- * el número de interacciones por célula es de 1.000/1.000 mSv

■ A partir de esas suposiciones pueden inferirse los siguientes valores:

- * el exceso de enfermedades malignas es de 1 por cada 10^{11} - 10^{12} células madre que reciban 1.000 mGy

- * la tasa de desactivación de los genes blanco es de 10^{-3} por cada célula por mGy
- * la probabilidad de que una sola traza de interacción origine un exceso de enfermedades malignas es de 10^{-14} - 10^{-15}

■ Por lo tanto, para dosis (crónicas) de radiación bajas, es decir, del orden de 1 mGy/año, pueden hacerse las siguientes inferencias:

- * la probabilidad de exceso de enfermedades malignas es 10^{-4} /año
- * el riesgo durante toda la vida es $5 \times 10^{-3} = 0,5\%$
- * la proporción de cánceres fatales en la población que son debidos a la radiación es de aproximadamente 1 en 40.

Estimaciones de riesgo

Riesgos de enfermedades malignas

■ Teniendo en cuenta los resultados epidemiológicos y usando un DDREF aproximadamente igual a 2, las estimaciones del UNSCEAR para la probabilidad de tener un cáncer radioinducido durante toda la vida son:

- * 5%/1.000 mSv en una población nominal de todas las edades, y
- * 4%/1.000 mSv en una población de trabajadores

Riesgos de efectos hereditarios

■ Debido a la falta de evidencia epidemiológica de los efectos hereditarios radioinducidos en los seres humanos, se usan dos métodos teóricos de estimación de riesgos: el método de la dosis dobladora (o método indirecto) y el método directo:

- * El método de la dosis dobladora asigna un valor del 1,2% por generación a la probabilidad de efectos hereditarios - excluyendo los desórdenes multifactoriales - para una población reproductiva continuamente expuesta a 1.000 mSv por generación, siendo el riesgo correspondiente a las primeras dos generaciones después de la exposición de 0,3/1.000 mSv.
- * El método directo estima que la probabilidad de desórdenes clínicamente importantes en la primera generación se encuentra entre el 0,2% y el 4% por 1.000 mSv recibidos por la parte reproductiva de la población.

Riesgo de efectos sobre el embrión

■ A partir de los limitados datos disponibles se ha estimado que:

- * la exposición in útero durante el período comprendido entre 8 y 15 semanas después de la concepción daría como resultado un corrimiento hacia los valores bajos de la curva de distribución de los IQ, estimado en 30 puntos IQ por cada 1.000 mSv de dosis recibida durante ese período y, en consecuencia, un retraso mental severo en aproximadamente el 40% de recién nacidos en tales casos;
- * debido a la forma gaussiana de la distribución de los IQ, el corrimiento inducido por las dosis de radiación bajas sería aproximadamente un orden de magnitud menor que el calculado directamente a partir de una relación lineal de 40%/1.000 mSv.

Por lo tanto, para dosis de radiación bajas, el efecto potencial sobre el embrión no es detectable en los recién nacidos debido a que la dosis necesaria para causar un cambio de los valores IQ suficientemente grande como para originar retraso mental debería ser alta.

Sin embargo, esos estudios muy amplios pueden resultar imposibles debido a la limitación demográfica originada por el requisito de que ambos grupos de población (el estudiado y el de control) sean homogéneos para poder excluir todos los factores demográficos combinados que puedan influir en la incidencia del cáncer, incluyendo aspectos étnicos y hábitos tradicionales. Por lo tanto, debe destacarse que para niveles de dosis bajos (inclusive para valores de hasta 200 mGy) los estudios epidemiológicos sólo tienen en el presente una capacidad restringida para detectar y cuantificar los efectos estocásticos de la radiación, tanto somáticos como hereditarios, en forma estadísticamente significativa. Como resultado, no existe una evidencia observacional directa que sea inequívoca y, probablemente, no será obtenible por mucho tiempo.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las informaciones radiobiológicas y radioepidemiológicas disponibles, el UNSCEAR ha hecho varias estimaciones cuantitativas en relación a los efectos sanitarios de las dosis de radiación bajas, que pueden resumirse como se muestra en el Cuadro II. Como resultado, el UNSCEAR continúa considerando que la radiación es un carcinógeno débil y una causa potencial aún más débil de

enfermedades hereditarias, con los siguientes factores de riesgo nominales:

- * **0,005% (cinco por cien mil) por mSv para la mortalidad debida a leucemia y cánceres sólidos, en una población de todas las edades (y 0,004% por mSv para una población de trabajadores adultos), y**
- * **0,001% por mSv para las enfermedades hereditarias.**

Teniendo en cuenta estas estimaciones en conjunto y añadiéndoles un detrimento estimado debido a los cánceres no fatales, la ICRP ha recomendado el uso, con fines de protección radiológica, de los siguientes riesgos nominales totales debidos a los efectos estocásticos de la radiación:

- * **0,0073% por mSv para la población en su conjunto, y**
- * **0,0056% por mSv para todos los trabajadores adultos.**

Estos han sido los factores de riesgo nominales usados en la preparación de las nuevas Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y la Seguridad de las Fuentes de Radiación de las organizaciones FAO / OIEA / OIT / AEN (OCDE) / OPS / OMS (véase el Boletín del OIEA, 2/1994, página 2).

PERSPECTIVA

Gracias al trabajo de un organismo muy particular del sistema de las Naciones Unidas, el UNSCEAR, se han colectado los resultados de las investigaciones realizadas en todo el mundo sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y, en la actualidad, esos efectos son mejor conocidos que los producidos por muchos otros agentes químicos y físicos que afectan a los seres humanos y al medioambiente. Sin embargo, todavía existen muchas cuestiones sin respuesta en el campo de la radiobiología, en particular en lo referente a las dosis de radiación bajas. Uno de los problemas es la falta de evidencia empírica de efectos a dichas dosis bajas. Para obtener una evidencia inequívoca se requerirían estudios epidemiológicos serios que sean capaces de asociar una incidencia incrementada de efectos sanitarios específicos con la exposición a dosis de radiación bajas. Tales estudios deberían poder salvar las limitaciones estadísticas y demográficas inherentes y, más aún, incluir la verificación correcta de los casos, grupos de comparación apropiados, seguimiento suficiente en el tiempo, control de los factores de confusión y dosimetría bien caracterizada. En el presente no es factible obtener dicha evidencia para los efectos de la radiación a dosis bajas y, por lo tanto, es de esperar la continuidad de la

falta de evidencia directa de esos efectos.

Debido a las limitaciones de la radioepidemiología, las estimaciones de los riesgos de la radiación deben hacer uso de un modelo radiobiológico idealizado, diseñado para servir de base a la interpretación de los resultados epidemiológicos disponibles a partir de dosis de radiación elevadas. Aunque el modelo refleja nuestra mejor comprensión del tema hasta ahora, es bastante simple, quizás inclusive simplista, y todavía se encuentra en evolución. Se están produciendo desarrollos científicos en varios campos que extenderán nuestro

conocimiento de los efectos biológicos de las radiaciones y que pueden necesitar un cambio del modelo. Por ejemplo, la investigación en biología molecular puede originar nueva información sobre los mecanismos de inducción del cáncer debidos a la alteración de la estructura molecular del ADN. Los mecanismos de respuesta adaptativa y el papel de la exposición a la radiación en la iniciación, promoción y progresión del cáncer van a ser mejor comprendidos. Los años futuros pueden cambiar nuestra forma de ver los efectos sanitarios de las dosis de radiación bajas.

A pesar del rápido progreso en las

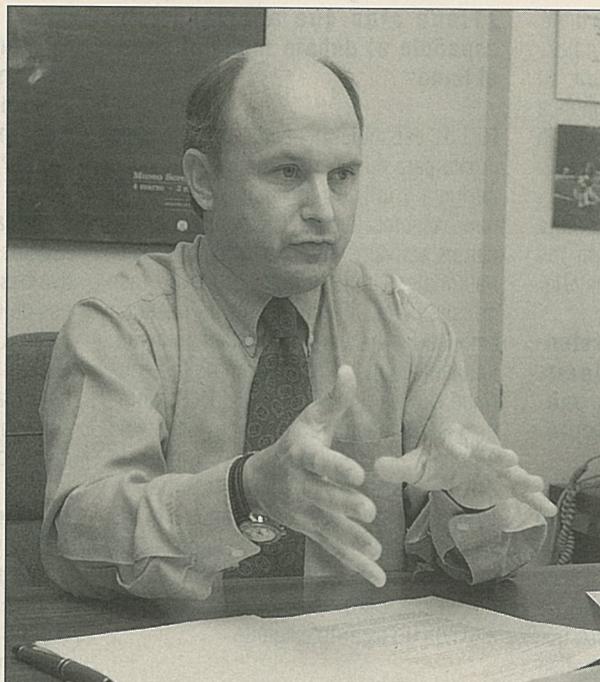
ramas científicas concernidas, el UNSCEAR todavía no ha creído necesario hacer una revisión importante de su percepción de los efectos biológicos de la radiación y de las estimaciones de riesgo consiguientes. Cerca de la cuarta parte de la humanidad sufre enfermedades malignas fatales, aunque, como lo señala el UNSCEAR, sólo **"aproximadamente el 4% de las muertes por cáncer pueden ser atribuidas a las radiaciones ionizantes, la mayoría de las cuales se deben a fuentes de radiación naturales que no son susceptibles de ser controladas por el hombre"**.



Entrevista a Leopoldo Arranz, Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica

“TODOS DEBEMOS REMAR PARA MOVER EL BARCO”

Con un objetivo claro, el de la participación de todos los socios en la toma de decisiones, el actual presidente de la S.E.P.R. considera la creación de grupos de trabajo como la mejor forma de colaborar con quienes reclaman la atención de los profesionales de la Protección Radiológica; profesionales que, desde sectores tan diversos como la sanidad, la universidad, los organismos reguladores, la investigación o el ciclo del combustible, entre otros, trabajan con un sentido inequívoco de servicio a la sociedad.



el medio eficaz de colaboración con los organismos reguladores, Sociedades científicas y equipos multinacionales que están reclamando nuestra atención y deben ser también los organizadores de las Jornadas técnicas relacionadas con su trabajo. Y por otro lado, el mejor vehículo de información es nuestra revista RADIOPROTECCION, que, aunque tenga una periodicidad todavía dilatada, es la mejor forma para estar en contacto unos con otros.

P: ¿Es consultada la SEPR en la elaboración de Reglamentaciones y Normativas por las autoridades competentes?

R: Sí lo está. Pero yo desearía que lo estuviera todavía más. Hemos colaborado con el Ministerio de Sanidad y Consumo en el proyecto de Real Decreto sobre Formación y Obtención del Diploma en Radiofísica hospitalaria y hemos conseguido una plaza en la Comisión Nacional de esta futura especialidad. La Dirección Técnica del CSN solicitó nuestra colaboración para la futura reglamentación sobre residuos de baja actividad. En este sentido, se ha elaborado y publicado conjuntamente con la Sociedad Nuclear Española un exhaustivo documento que será enviado próximamente a todos los socios. No obstante, debemos estar presentes en todos aquellos foros donde se elaboran las normativas relacionadas con nuestra especialidad, colaborando y participando de una forma activa, con el máximo rigor científico.

Pregunta: ¿Cuáles son los objetivos que va desarrollar la S.E.P.R. bajo su presidencia?

Respuesta: La Presidencia de la Junta Directiva de la SEPR conlleva una gran responsabilidad, que he asumido con humildad y respeto. Con mi experiencia como gestor, conozco las dificultades de lograr que "llueva a gusto de todos". Por eso, la solución más justa es la de la participación. ¿Los objetivos que pretende desarrollar la SEPR bajo mi presidencia? Los resumo en uno: Lograr que todos los socios se sientan partícipes en la toma de decisiones que les competen.

P: ¿Cuáles son las actividades principales que la Sociedad se plantea acometer?

R: Para empezar, deseo una Junta Directiva participativa. De hecho, el proceder de todos los sectores implicados en la Protección Radiológica (universidad, investigación, organismos reguladores, ciclo de combustible, empresas y sanidad) enriquece nuestras larguísimas reuniones, donde se discute absolutamente todo y se logra un consenso en todas las decisiones que se toman. Nos reunimos prácticamente cada 45 días. Obviamente, al funcionar bien la sala de pilotaje, el barco puede dirigirse fácilmente. Pero para moverse es necesario que todos remen. Por eso es preciso crear puestos para remar y mantener a todos informados de la dirección a tomar.

Por un lado, los grupos de trabajo creados, y los que están por crear, deben ser



P: ¿Qué grado de influencia social y científica considera que pueden alcanzar los trabajos y recomendaciones de la S.E.P.R.?

R: Importante. Nuestra Sociedad no está atada a ningún organismo público o privado, ni representa a ningún pensamiento preestablecido por nadie. Es un colectivo de profesionales a los que une su propia preocupación e iniciativa científica con una idea clara: la de promocionar la Protección Radiológica con un sentido inequívoco de servicio a la sociedad y, por lo tanto, a colaborar con absoluta independencia y transparencia con los organismos competentes en esta materia.

P: ¿Qué ámbito profesional pretenden alcanzar la SEPR? Es decir, ¿qué clase de profesionales pueden tener cabida en esta Sociedad?

R: De acuerdo con nuestros Estatutos, en la SEPR tienen cabida todos los profesionales de la PR, tanto los responsables de su gestión, como investigadores o técnicos, entre otros. De hecho, y espero que no se quede nadie en el tintero, hay físicos, farmacéuticos, ingenieros, médicos, químicos o técnicos que garantizan la "buena salud" científica de nuestras actividades. No obstante, deseo que la SEPR se abra mucho más a otros campos de interés, como son la investigación radiobiológica y los técnicos de grado medio, donde existe una gran sensibilidad e interés por nuestra especialidad.

P: ¿Cuál ha sido la respuesta de participación de estos colectivos en la Sociedad?

R: No podemos hablar de colectivos profesionales propiamente dichos. Sería más correcto hablar de colectivos multidisciplinarios. Ha existido siempre una gran participación del sector sanitario y del grupo del ciclo de combustible, pero están despuntando nuevos sectores profesionales, como el de radiaciones no

ionizantes - poco numeroso pero muy activo - y el de investigaciones biomédicas. No obstante, deseáramos una mayor presencia del área industrial.

P: ¿Cuál es el nivel de la Protección Radiológica en nuestro país? ¿Tiene algo que aportar la PR española al debate mundial sobre el tema?

R: Los españoles tenemos una facilidad innata para mitificar todo lo que proviene de fuera y criticar con gran severidad lo que hacemos dentro. Desde que participamos activamente en organismos internacionales, incluso con cargos de responsabilidad, la percepción de nuestras actividades ha variado sustancialmente. La planificación y organización de la Seguridad Nuclear y de la Protección Radiológica en España no sólo es muy aceptable sino que está en el punto de mira de otros países. Por otra parte, nuestra legislación, al estar incorporados a la UE, es de las más avanzadas y completas del mundo. Por supuesto que quedan cosas por hacer, pero estamos trabajando en ello con un espíritu exigente.

En relación a su segunda pregunta, no creo en una forma de hacer específicamente española (ni lo deseo) en el debate mundial sobre el tema. Creo que en nuestra especialidad somos universales, tenemos las mismas preocupaciones por el medio ambiente, por la protección del individuo y del paciente y, por lo tanto, hablamos un mismo lenguaje.

P: ¿Cuál ha sido el papel de la SEPR, desde su creación, en el desarrollo de la PR en España?

R: Desde la creación de la SEPR, en 1980, nos ha tocado vivir momentos históricos dentro y fuera de nuestro país, tales como la creación del CSN -en ese mismo año-, la incorporación del Sistema de Limitación de Dosis en nuestra legislación -en 1982-, el desarrollo y posterior paralización del programa nuclear español, la for-

mación de ENRESA -en 1984-, el accidente de Tchernobyl, entre otros. En todos estos acontecimientos han participado expertos de la SEPR y, por lo tanto, nuestra Sociedad ha estado siempre presente, tanto a nivel individual como colectivo, en el desarrollo de esta especialidad.

P: ¿Qué aspectos están pendientes de desarrollar en Protección Radiológica en nuestro país? ¿De qué manera puede contribuir la SEPR?

R: Todavía deben desarrollarse algunos aspectos reglamentarios, como la normativa basada en las nuevas recomendaciones de la ICRP o la relativa a la optimización de la protección del paciente expuesto a las radiaciones ionizantes. Está claro que la SEPR no sólo puede sino que debe contribuir a su desarrollo, como, de hecho, lo está haciendo.

P: ¿Qué relación existe entre la SEPR y las Sociedades Internacionales afines?

R: La SEPR tiene una clara vocación internacional. El primer paso se dio en Salamanca, durante nuestro 4º Congreso Nacional. Se trató de un auténtico encuentro internacional sobre las "Implicaciones de las nuevas recomendaciones de la ICRP en la práctica de la PR", encuentro en el que participaron más de 120 especialistas extranjeros de más de 20 países. En la actualidad, mantenemos unas relaciones muy fluidas con nuestros colegas vecinos - franceses, italianos y portugueses - y estamos proyectando invitar a nuestros compañeros de Latinoamérica al próximo congreso en Córdoba, en mayo de 1996.

¿Nuestro gran proyecto? Presentarnos como candidatos para organizar el próximo Congreso Mundial del IRPA. Somos la 9ª Sociedad de Protección Radiológica en el mundo y la celebración de dicho evento es el reto que nos falta. Y debemos empezar ya a trabajar en ello.



**II JORNADAS
SOBRE ACTUACION EN
EMERGENCIAS DE
INSTALACIONES RADIATIVAS**

**"ACCIDENTES RADIOLOGICOS EN
EL MEDIO HOSPITALARIO"**

Madrid, 19 y 20 de Diciembre de 1994

ORGANIZA
Sociedad Española de Protección Radiológica
e
Instituto de Estudios de la Energía

COLABORAN
Comunidad Autónoma de Madrid
Consejo de Seguridad Nuclear
Dirección General Protección Civil
Instituto Nacional de la Salud
Sociedad Española de Medicina de Emergencias

II JORNADAS SOBRE ACTUACION EN EMERGENCIAS

ACCIDENTES RADIOLOGICOS EN EL MEDIO HOSPITALARIO

DEL 19 AL 20 DE DICIEMBRE DE 1994

ORGANIZADAS POR:
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA
INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA. CIEMAT

EN COLABORACION CON:

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL
COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DE EMERGENCIAS

COMITE ORGANIZADOR

Don. LEOPOLDO ARRANZ. HOSPITAL RAMON Y CAJAL.
Dña. NATIVIDAD FERRER. HOSPITAL RAMON Y CAJAL.
Don. MANUEL FERNANDEZ. HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SALAMANCA.
Dña. PILAR OLIVARES. HOSPITAL GREGORIO MARAÑON CAM.
Dña. MARINA TELLEZ. HOSPITAL LA PAZ.
Dña. MARISA MARCO. I.E.E. CIEMAT.
Don. LUIS NUÑEZ. HOSPITAL PUERTA DE HIERRO.

OBJETIVO: Estudiar los posibles accidentes que puedan tener lugar en el medio hospitalario y analizar las actuaciones post-accidente.

PROGRAMA

19 DE DICIEMBRE DE 1994 - DE 9:00 HRS. A 18:00 HRS.

1.- ACCIDENTES RADIOLOGICOS: INTRODUCCION

Sucesos iniciadores: Internos y externos.
Consecuencias: Internas y externas

Coordinadora: M.Marco

Grupo de trabajo: M. Fernández, N.Ferrer, L.Núñez, V. Senderos, M.Tellez

Análisis de los accidentes potenciales.
Revisión de los accidentes radiológicos ocurridos en el medio hospitalario

Conferencia invitada: P.Ortiz

2.- POSIBLES ESCENARIOS ACCIDENTALES EN EL MEDIO HOSPITALARIO.

3.- CRITERIOS DE PROTECCION

Criterios de intervención, justificación y optimización.
Ventajas y desventajas de la aplicación de contramedidas.

Coordinador: E. Gil



Grupo de trabajo: G. Martí, P. Olivares, I. Serrano.

descontaminación de áreas y equipos)
Registros e informes preceptivos. Notificaciones.

4.- PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL MEDIO HOSPITALARIO

Diseño seguro de Instalaciones.
Reglamento de funcionamiento. Protocolización del trabajo.
Formación y entrenamiento del personal.
Garantía de Calidad.

Coordinador: L. Arranz.

Ponentes: E. Argiles, J.M. Campayo, R. Herranz, M.C. Paredes, R. Ramos, M. Tormo

Coordinadora: M. Ribas.

Grupo de trabajo: A. Hernández, M.C. Lizuain, A. Nanclores, P. Olivares, R. Villarroel.

6.- IMPACTO SOCIAL POST-ACCIDENTE EN EL MEDIO HOSPITALARIO.

Conferencia invitada: J. Lochard

ALMUERZO DE TRABAJO

■ MESA REDONDA SOBRE PERCEPCIÓN DEL RIESGO:

5.- ACTUACIONES EN CASO DE ACCIDENTE

Análisis de riesgos en el medio hospitalario.
Valoración de consecuencias y selección de contramedidas.
Actuación operacional o del SPR.
Apoyos externos (Atención a irradiados y contaminados,

• Aspectos psicológicos.

• Aspectos sociológicos.

• Aspectos de comunicación.

Coordinador: I. Piles

Grupo de trabajo: A. Prades, E. Puertas, L. Ruiz

DÍA 20 DE DICIEMBRE DE 1994 - DE 9:00 HRS. A 14:00 HRS.

7.- NORMATIVAS Y REGULACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

Normativa Española vigente.
ICRP-60
Reglamentación Internacional.
Problemática asociada a su aplicación y seguimiento en el área hospitalaria.

Organización nacional de respuesta a emergencias.
Actuación de la entidades implicadas y de la instalación afectada.

Coordinadora: M.J. Manzananas.

Grupo de trabajo: G. Alonso, M. Herrador, P. Lardiez, P. Latorre, T. Ortiz, F.J. Ruiz Boadas, R. Villarroel

Coordinador: I. Amor.

Grupo de trabajo: M. Bezares, G. Martí, B. Tobarra

■ MESA REDONDA: PLANES DE EMERGENCIA

Gestión y responsabilidades del Hospital.

Coordinador: I. Iribarren

Ponentes: J. de Benito, L. Canellas, A. Gea, J. Murtra, J. Sánchez Caro.

8.- PLANES DE EMERGENCIA

Planes de Emergencia (exterior e interior).

CLAUSURA

GRUPOS DE TRABAJO S.E.P.R.

• GRUPO DE MEDICINA

Objetivo marco: Desarrollo de la Medicina en el campo de las radiaciones ionizantes, en sus aspectos preventivos, asistenciales y de tratamiento a los profesionales expuestos y al público en general.

Objetivo nº 1 - Definición de criterios para la armonización y unificación de actuaciones de los SME. Unificación de los certificados médicos y del alcance de los reconocimientos médicos.

Objetivo nº 2 - Recopilación científica de trabajos epidemiológicos sobre efectos biológicos a bajas dosis.

Coordinadores: Vicente Pastor

Jefe del Serv. de Medicina Preventiva
Hospital de la Princesa
Diego de León nº 62
28009 Madrid
Telf. 91- 402 80 00

Luis M. Tobajas
Jefe del Serv. Médico
Central Nuclear de Ascó
43791 Ascó - Tarragona
Telf. 977- 40 60 16

• GRUPO DE RADIACIONES NO IONIZANTES

Objetivo marco: Conexión con la sección de radiaciones no ionizantes de la IRPA.

Objetivo nº 1 - Situación de la reglamentación y/o normativas en otros países. Estudio de una posible propuesta de reglamentación de protección a nivel nacional.

Coordinadora: Jocelyne Leal

Jefe del Serv. de Biomagnetismo
Hospital Ramón y Cajal
Ctra. Colmenar Viejo km. 9,100
28034 Madrid
Telf. 91- 336 86 99

• GRUPO DE NORMATIVAS Y REGLAMENTACION

Objetivo marco: Análisis de las implicaciones de las nuevas recomendaciones internacionales en el campo de la medicina, industria y en el campo del ciclo del combustible. Evaluación de las distintas propuestas sobre nuevas normativas y reglamentaciones.

Objetivo nº 1 - Traducción del ICRP-60.

Coordinadores: Andrés Leal

C.N. Almaraz
Apartado 74
10300 Navalморal de la Mata
Cáceres
Telf. 927- 53 12 50

Eliseo Vañó
Catedrático de Física Médica
Facultad de Medicina
Universidad Complutense de Madrid
Avda. Complutense, s/n
Telf. 91- 394 15 51

• GRUPO DE DOSIS A PACIENTES EN RADIODIAGNOSTICO

Objetivo marco: Estudio de las dosis en Radiodiagnóstico en colaboración con la Sociedad Española de Radiología Médica.

Objetivo nº 1 - Informar sobre el anteproyecto de Real Decreto en el que se establecen los criterios de calidad en Radiodiagnóstico.

Objetivo nº 2 - Estudio del concepto de restricción de dosis en relación al Radiodiagnóstico.

Coordinadores: Ignacio Hernando González

Jefe del Serv. Protección Radiológica
Hospital del Río Hortega
Centro de Especialidades Arturo Eyries
C/Puerto Rico, s/n
47024 Valladolid
Telf. 983- 47 88 62

* Un representante de la SERAM (pendiente de nombrar).



• GRUPO DE DOSIS A PACIENTES EN MEDICINA NUCLEAR

Objetivo marco: Estudio de la dosis en Medicina Nuclear en colaboración con la Sociedad Española de Medicina Nuclear.

Objetivo nº 1 - Estudio sobre la situación de las dosis en la Medicina Nuclear en España.

Objetivo nº 2 - Estudio del concepto de restricción de dosis en relación a la Medicina Nuclear.

Coordinadores: Natividad Ferrer
Servicio de Protección Radiológica
Hospital Ramón y Cajal
Ctra. Colmenar Viejo km. 9,100
28034 Madrid
Telf. 91- 336 80 68

* Un representante de la SEMN (pendiente de nombrar).

• GRUPO DE FORMACION EN PROTECCION RADIOLOGICA

Objetivo marco: Desarrollo de programas de formación e información del personal implicado en el uso de las radiaciones y del público, así como en la enseñanza pre y post universitaria. Implicaciones profesionales en el marco de la UE.

Objetivo nº 1 - Realización de un informe sobre la enseñanza en Protección Radiológica de los técnicos en radiología (TER).

Coordinador: Juan José Peña
Cátedra de Física Médica
Universidad de Extremadura
Ctra. de Portugal s/n
Badajoz
Telf. 924- 27 48 00 ext. 381-383

* Un socio área ciclo combustible (pendiente de nombrar).

• GRUPO COMUNICACION E INFORMACION

Objetivo marco: Respuesta de la S.E.P.R. ante cualquier tipo de noticia de relevancia social relacionada con las radiaciones ionizantes.

Coordinador: Eduardo Sollet
Seguridad Nuclear
Iberdrola
C/ Goya, 4
28001 Madrid
Telf. 91- 575 81 51 ext.41389

• GRUPO DE EMERGENCIAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

Objetivo marco: Análisis de los criterios que deben tenerse en cuenta para la prevención de accidentes, la respuesta adecuada a cada tipo de accidente y su impacto social.

Objetivo nº 1 - Organización de Jornadas para el estudio y conocimiento específico de las emergencias en diferentes tipos de instalaciones radiactivas.

Coordinadores: Marisa Marco
Instituto de Estudios de la Energía
CIEMAT
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid
Telf. 91- 346 62 92-94

Gloria Martí
Instalaciones Radiactivas
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Justo Dorado, 11
28040 Madrid
Telf. 91- 346 01 40

*** GRUPOS EN PROYECTO DE FORMACION:****• GRUPO SOBRE DOSIMETRIA PERSONAL**

Objetivo nº 1 - Evaluar la necesidad de llevar dos sistemas dosimétricos personales (TLD y DLD)

Objetivo nº 2 - Estudio de la estimación de dosis, modelo pulmonar (ICRP-60)

• GRUPO SOBRE ASPECTOS PRACTICOS DE LA DESCLASIFICACION DE RESIDUOS RADIOACTIVOS**• GRUPO SOBRE RADIACION NATURAL***** GRUPOS YA FORMADOS****• GRUPO SOBRE CONTROL DE CALIDAD EN MEDICINA NUCLEAR**

Coordinadora: Marina Téllez
 Jefe del Servicio de Protección Radiológica
 Hospital La Paz
 Pº de la Castellana, 261
 28046 Madrid
 Telf. 91- 358 08 51

• GRUPO SOBRE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO

Coordinador: Eliseo Vañó
 Catedrático de Física Médica
 Facultad de Medicina
 Universidad Complutense de Madrid
 Avda. Complutense, s/n
 Telf. 91- 394 15 51

• GRUPO SOBRE GESTION DE RESIDUOS EN HOSPITALES Y CENTROS DE INVESTIGACION BIOMEDICA

Coordinadora: Marina Téllez
 Jefe del Servicio de Protección Radiológica
 Hospital La Paz
 Pº de la Castellana, 261
 28046 Madrid
 Telf. 91- 358 08 51

NOTA

La Sociedad Española de Protección Radiológica agradecería la colaboración de todos aquellos socios que, por sus conocimientos de idiomas, estén dispuestos a traducir artículos científicos que pudieran ser de interés para la revista. Rogamos, en tal caso, se pongan en contacto con el Comité de Redacción y nos indiquen qué idiomas pueden traducir.

*El Comité científico y el Comité de Redacción de
 RADIOPROTECCION, así como la Junta Directiva de la S.E.P.R.
 desean a los lectores unas felices fiestas y un próspero año 1.995.*



TRADUCCION AL CASTELLANO DE LA PUBLICACION-60 DE LA COMISION INTERNACIONAL DE PROTECCION RADIOLOGICA

Informamos a nuestros lectores que se ha efectuado la traducción al castellano del texto principal del ICRP-60. Para ello contamos con los derechos debidamente autorizados por la Comisión Internacional y formalizados mediante un contrato con la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Un Grupo de trabajo, coordinado por D. Andrés Leal, supervisará la traducción de forma previa a su edición. Para la misma contamos con la colaboración de AMYS/UNESA, CIEMAT, CSN, ENRESA y ENUSA, ya que es nuestro propósito que el ICRP-60 pueda ser distribuido gratuitamente

entre nuestros socios. Por otra parte se dispondrá de una cantidad adicional para su venta en la cual la ICRP, recibirá el porcentual estipulado en el contrato.

Estimamos que podría comenzar a distribuirse a principios de 1995.

• FLASHES INFORMATIVOS • • FLASHES INFORMATIVOS •

■ ESPECIALISTAS EN RADIOFISICA HOSPITALARIA.

Los presidentes de la SEPR y la SEFM, Leopoldo Arranz y J. P. Fernández Letón, respectivamente, continúan manteniendo reuniones de trabajo a dos bandas con el Ministerio de Sanidad y Consumo y el Ministerio de Educación y Ciencia, para sacar adelante el Proyecto de Real Decreto sobre Formación y Obtención del Diploma en Radiofísica Hospitalaria. El Ministerio de Sanidad y Consumo, autor de este Real Decreto con la colaboración de las sociedades científicas y organismos competentes en la materia, apoyaría decididamente no sólo la calificación de personal sanitario titulado superior, sino que la acreditación tenga rango de especialidad en el futuro.

■ CONFERENCIA DEL DR. DAN BENINSON, PRESIDENTE DEL COMITE 4 DE ICRP

En el momento del cierre de la revista, la redacción ha confirmado la presencia del Dr. Beninson, Presidente del Comité 4 de ICRP, en un Seminario organizado por la

Sociedad Española de Protección Radiológica, conjuntamente con el CIEMAT. En esta reunión, que se celebra el día 5 de diciembre en el CIEMAT, el Dr. Beninson abordará el tema "Desarrollos de ICRP sobre exposiciones potenciales". La posibilidad de exposiciones importantes y la frecuencia de los accidentes ocurridos con fuentes industriales y de uso médico hacen muy oportunos estos nuevos desarrollos para, en definitiva, limitar estos riesgos.

■ EL FISICO ANTONIO DIEZ, RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE MALAGA

La presencia de la Física Médica y de la Protección Radiológica gana día a día nuevos escenarios y su incidencia profesional va tomando más cuerpo. Buena prueba de ello es la reciente elección como **Rector Magnífico de la Universidad de Málaga** de nuestro compañero **Antonio Díez de los Ríos**, Catedrático de Física Médica, a quien felicitamos cariñosamente. Esperamos que, desde la atalaya del Consejo de Universidades, defienda en primera

línea, entre otras causas, el futuro en España de la especialidad de "Radiofísica Hospitalaria".

■ INFORMACION DESINFORMADA

Ante la publicación en diversos periódicos, como "El país" o "Diario médico", de una información errónea sobre las conclusiones de las "IV Jornadas de Protección Radiológica", organizadas por la Universidad de Extremadura, las juntas directivas de la SEPR y de la SERAM han remitido a los directores de estas publicaciones información adicional que aclare el malentendido.

La noticia, aparecida en los medios citados, extrapolaba un comentario informal sobre un estudio del índice de exploraciones radiológicas consideradas injustificadas o innecesarias, llevado a cabo en un hospital madrileño, y lo hacía extensible a todos los hospitales españoles. Al mismo tiempo, la información pretendía ser una conclusión de las citadas Jornadas, en las que ni siquiera se trató dicho tema.

En esta línea de "desinformación", el diario "El país" publicó el pasado 12 de octubre unos artículos sobre centrales nucleares en España que motivaron el envío de una carta de respuesta inmediata de la Junta Direc-

tiva de la SEPR a la dirección de diario.

Reproducimos a continuación el texto íntegro de ambas cartas, para conocimiento de todos los socios, ya

que la Junta Directiva entiende que la SEPR no puede permanecer al margen cuando se ofrecen a la opinión pública informaciones que, entre otras cosas, carecen de rigor científico.



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

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

Madrid, 20 Octubre 1994

DIRECTOR DE "EL PAIS"
D. JESUS CEBERIO
C/ Miguel Yuste, 40
28037 MADRID

Estimado Director:

El artículo publicado el pasado día 12 de Octubre sobre el riesgo nuclear en España, contiene una serie de inexactitudes que nos ha obligado a emitir un comunicado por entender que sus lectores tienen derecho a una información fiable y veraz.

La Sociedad Española de Protección Radiológica, que agrupa a todos los profesionales de diferentes áreas (Investigación, Industria, Medicina, Ciclo del Combustible, Universidad, etc.) relacionadas con esta especialidad, no persigue fines lucrativos ni sindicales, teniendo como fin el promover el avance de la Protección Radiológica y las ciencias y técnicas relacionadas con ella.

Por ello le enviamos el comunicado elaborado por nuestro Gabinete de Información y Comunicación Social, rogándole que se publique en la sección "Cartas al Director" con el fin de contribuir a una mejora de la información.

Dado que el artículo en cuestión está basado en un dato erróneo, por lo que sus conclusiones carecen de validez y rigor, nos ponemos a disposición del articulista y de los médicos expertos consultados por dicho informador que consideran "increíble semejante transgresión estadística" para hacerles conocedores de las cifras reales de incidencia y mortalidad del cáncer en España.

En nombre de la Junta Directiva, y en el mío propio, reciba un cordial saludo.

Dr. Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz
Presidente
D.N.I. 130.554

SECRETARIA TECNICA S.E.P.R. c/ Apolonio Morales, 27 E-28036 MADRID Telf. 350 49 17 Fax: 350 76 52



Sr. Director de "El País":

El artículo sobre el riesgo nuclear en España, titulado: Oficialmente no hay afectados en centrales nucleares, y publicado en su diario el pasado día 12 de Octubre, construye gran parte de su argumentación en base a un dato erróneo.

No podemos contrastar los datos del informador (la publicación del INSALUD en la que se basa el artículo es desconocida por los especialistas en la materia consultados y por el propio Servicio de Publicaciones del INSALUD), pero si podemos hacer comparaciones con los datos obtenidos del Anuario Estadístico de España del último año 1993, editado por el Instituto Nacional de Estadística, en el que se publican las cifras correspondientes al año 1990. En él se establece (página 661- Columna II) que en España, la incidencia de muerte por cáncer es del 23.9% y que en Guadalajara, en 1990, murieron de cáncer 322 personas de un total de 1437 fallecimientos, lo que da un porcentaje del 22.4%

Estas cifras están en contradicción con el valor de partida (20.4 por 1000) aportado por el articulista por lo que las conclusiones que obtiene sobre la mortalidad por cáncer en Pastrana y en trabajadores del CIEMAT carecen de validez y rigor.

En relación a las incidencias de sobredosis detectadas entre el personal expuesto en instalaciones médicas, salvo casos muy concretos, la lectura del dosímetro suele corresponder a un uso inadecuado del mismo (20 casos sobre 60.000 personas controladas) y no a una dosis realmente recibida por la persona. Pero sea esta la razón o no, es claro que la vigilancia médica posterior juega un papel fundamental ya que es la única que puede concluir si existe o puede desarrollarse un efecto biológico determinista radioinducido. El dictamen final del médico especialista es, por tanto, definitivo (y no el dosímetro).

Atentamente

El Gabinete de Información y Comunicación Social de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

c/ Apolonio Morales, 27
28036 Madrid

El día 3 de Octubre de 1994 se publicó, en las páginas de Sanidad, una breve nota sobre los estudios radiográficos efectuados en nuestro país que puede crear confusión y preocupación, por lo que requiere alguna puntualización.

No se ha efectuado ningún estudio a gran escala que permita conocer la cantidad de exploraciones radiográficas que se practican en España, por lo que no sabemos de donde puede haberse obtenido el dato de que el 50% de los estudios radiográficos realizados son innecesarios tal como se publica. De la lectura de la nota parece desprenderse que fue en una de las conclusiones de las IV Jornadas Nacionales sobre Protección Radiológica, lo que en modo alguno es cierto.

Es norma general de los radiólogos de este país, efectuar sólo aquellos estudios que aporten información importante para una adecuada atención a los pacientes y que cuando se ha considerado necesario practicar un estudio, éste se realice de forma que el paciente reciba la mínima dosis de radiación posible para conseguir una exploración diagnóstica, contando en este último aspecto con la colaboración de los especialistas en Protección Radiológica en aquellos centros de trabajo donde existen.

En la nota se dice que en España se practican unas 800 exploraciones anuales por cada mil habitantes, cifras estimativas que en cualquier caso están dentro de la media de la Comunidad Europea siendo menores que las de países como Alemania y Suiza.

Fdo.: Dr. Rafael Casanova Gómez
Presidente de la Sociedad Española de Radiología Médica

Fdo.: Dr. Leopoldo Arranz y Carrillo
Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica

INFORMACIÓN SOBRE EL IRPA

El comité ejecutivo del IRPA se reunió en Portsmouth (UK) los días 5-8 de Junio del presente 1994 con ocasión del Congreso Regional Europeo de Protección Radiológica. Los temas principales tratados en la reunión fueron:

- Informes de progreso de los delegados y miembros del comité.
- Tareas de preparación del próximo congreso internacional IRPA-9 que tendrá lugar en Viena en 1996
- Debate sobre el papel del IRPA en la promoción de reuniones internacionales.
- Establecimiento y mantenimiento de la formación en protección radiológica.

En el informe se anuncia el envío en breve plazo de un informe completo sobre la reunión de Portsmouth a todas las Sociedades afiliadas al IRPA así como a organizaciones y agencias internacionales. En el informe al CRPPH/NEA

se hace mención expresa de los siguientes puntos de interés:

- Admisión de la Sociedad Checa de Protección Radiológica como Asociada al IRPA.
- Excelentes resultados económicos del congreso IRPA-8 celebrado en Montreal. Creación de la Montreal 1992 Foundation for Radiation Protection para asegurar que los dividendos del congreso IRPA-8 se emplean de acuerdo con los objetivos del IRPA y de sus sociedades afiliadas.
- Informe sobre los preparativos del IRPA-9 en Viena (1996). Entre otros acuerdos el comité ejecutivo del IRPA decidió que el congreso IRPA-9 subsidiará con la mitad de la cuota de inscripción a los participantes de países del Este de Europa.
- Reuniones internacionales. Informes sobre el éxito de reuniones ya celebradas: Congreso Asiático, organizado por la Sociedad China de Protec-

ción Radiológica y la Sociedad Japonesa de Física Médica y Congreso Regional Europeo organizado por la Sociedades Británica y Holandesa de Protección Radiológica, celebrado en Portsmouth, Gran Bretaña en Junio de 1994.

Para un futuro próximo están previstas las siguientes reuniones:

- Congreso Regional para América Latina y el Caribe, Cuzco, Perú, Octubre 1995.
- Congreso organizado por las Sociedades Francesa, Española e Italiana, Montpellier, Francia Junio de 1995.
- Reunión de la Sociedad India, Bombay, Febrero 1995.
- Reunión conjunta de las Sociedades Americana y Canadiense, Boston, USA, Julio 1995.
- Reunión de la Sociedad Egipcia a celebrar en Shebin El -Khom, Noviembre 1994.

INFORME ISOE SOBRE LA INFLUENCIA DE LA ANTIGÜEDAD DEL REACTOR Y LA POTENCIA INSTALADA EN LA DOSIS COLECTIVA: DATOS DE 1992

Traducción parcial del ISOE INFORMATION SHEET "The Influence of Reactor Age and Installed Power on Collective

Dose: 1992 Data" Mayo 1994.

El presente informe es continuación de otros anteriores sobre el mismo tema: la influencia sobre la dosis

colectiva de la antigüedad y la potencia de tres tipos de reactores nucleares PWR, BWR y CANDU en Europa, América del Norte y Asia.



Los reactores se han clasificado como modernos si su antigüedad es inferior a 5 años, intermedios, antigüedad entre 6 y 10 años y antiguos cuando dicha antigüedad es superior a 10 años. Las plantas se clasifican como; pequeñas para potencias iguales o inferiores a 700 MWe, medias entre

700 y 1000 MWe y grandes si su potencia es superior a 1000 MWe.

Los resultados contenidos en las tablas que siguen confirman que los reactores más antiguos producen las dosis más elevadas (excepción hecha de los BWR americanos). Para los PWR antiguos la dosis

media anual aumenta con el tamaño del reactor en todas las regiones. Al igual que en el informe de 1991 se puede observar que para los reactores modernos e intermedios la dosis decrece con el tamaño, lo que refleja las mejoras de diseño a menudo incorporadas a las plantas más grandes.

PWR/1992

Tabla 1. Dosis colectiva anual media en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Europa

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	1.8 (1)	0.8 (13)	0.9 (14)
Intermedia (6-10)	-	2.1 (20)	1.5 (16)	1.8 (36)
Antigua (≥ 11)	2.4 (10)	2.8 (25)	3.0 (4)	2.7 (39)
Todas las edades	2.4 (10)	2.5 (46)	1.4 (33)	2.1 (89)

El número en () indica el número de reactores

Tabla 2. Dosis colectiva anual media en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Norte América (excluyendo 18 reactores debido a que se disponía tan sólo de la dosis colectiva total para el emplazamiento, a la que contribuían reactores de diversa antigüedad)

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	2.1 (1)	1.4 (8)	1.5 (9)
Intermedia (6-10)	-	0.3 (1)	2.2 (7)	1.9 (8)
Antigua (≥ 11)	1.6 (9)	2.5 (23)	2.6 (9)	2.3 (41)
Todas las edades	1.6 (9)	2.4 (25)	2.1 (24)	2.2 (58)

El número en () indica el número de reactores

Tabla 3. Dosis colectiva anual media* en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Asia

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	0.5 (2)	-	-	0.5 (2)
Intermedia (6-10)	-	0.8 (3)	-	0.5 (3)
Antigua (≥ 11)	1.4 (5)	2.8 (3)	5.3 (2)	2.6 (10)
Todas las edades	1.1 (7)	1.8 (6)	5.3 (2)	1.9 (15)

El número en () indica el número de reactores

* En esta tabla se hace referencia a las dosis colectivas exclusivamente en períodos de recarga ya que no se dispone de las dosis colectivas anuales por reactor en Japón.

BWR/1992

Tabla 4. Dosis colectiva anual media en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Europa

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	-	-	-
Intermedia (6-10)	-	1.5 (1)	1.3 (6)	1.4 (7)
Antigua (≥ 11)	2.6 (8)	2.2 (6)	1.1 (2)	2.3 (16)
Todas las edades	2.6 (8)	2.1 (7)	1.3 (8)	2.0 (23)

El número en () indica el número de reactores



Tabla 5. Dosis colectiva anual media en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Norte América

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	4.3 (1)	4.1 (2)	4.2 (3)
Intermedia (6-10)	-	7.1 (1)	4.9 (7)	5.2 (8)
Antigua (≥ 11)	3.3 (7)	3.7 (10)	2.0 (5)	3.2 (22)
Todas las edades	3.3 (7)	4.0 (12)	3.8 (14)	3.8 (33)

El número en () indica el número de reactores

Tabla 6. Dosis colectiva anual media* en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Asia

Antigüedad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	0.4 (1)	0.6 (1)	0.5 (2)
Intermedia (6-10)	-	-	1.1 (3)	1.1 (3)
Antigua (≥ 11)	2.6 (4)	2.2 (4)	2.4 (2)	2.4 (10)
Todas las edades	2.6 (4)	1.9 (5)	1.5 (6)	1.9 (15)

El número en () indica el número de reactores

* En esta tabla se hace referencia a las dosis colectivas exclusivamente en períodos de recarga ya que no se dispone de las dosis colectivas anuales por reactor en Japón.

Tabla 7. Dosis colectiva anual media en función del tamaño y la antigüedad de los reactores en Norte América

Edad de las Plantas	Dosis colectiva media (Sv x persona)			Todas
	pequeñas (≤ 700 MWe)	medias (700-1000 MWe)	grandes > 1000 MWe	
Moderna (1-5)	-	0.1 (2)	-	0.1 (2)
Intermedia (6-10)	0.9 (6)	0.3 (4)	-	0.7 (10)
Antigua (≥ 11)	2.4 (4)	0.8 (4)	-	1.6 (8)
Todas las edades	1.5 (10)	0.5 (10)	-	1.0 (20)

El número en () indica el número de reactores

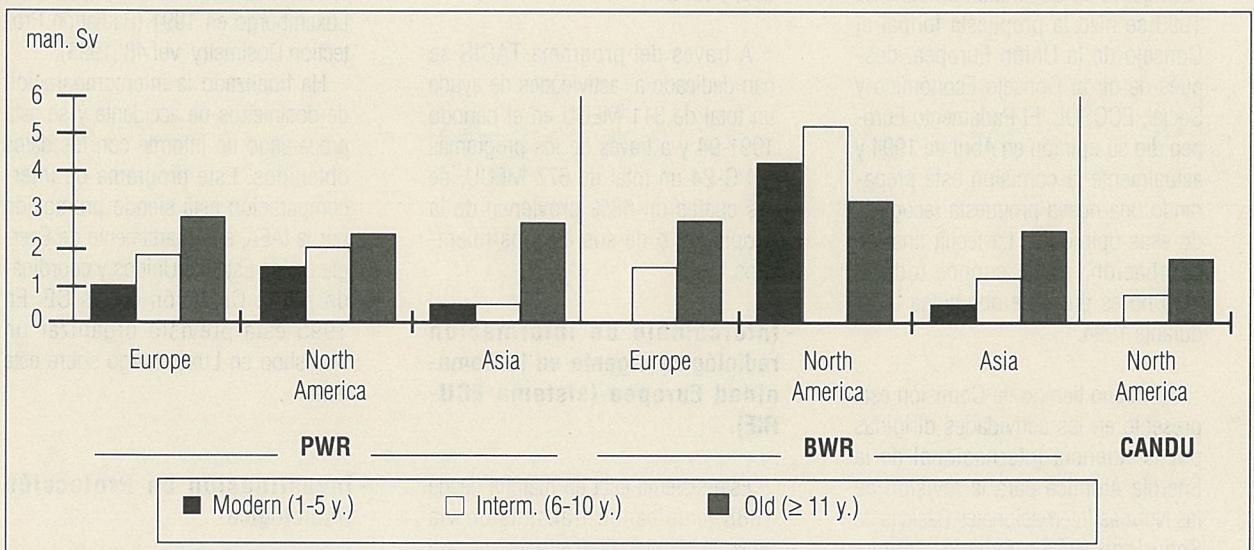


Figura 1. Dosis colectiva anual media por reactor en función de la antigüedad y tipo de reactor en las regiones ISOE en 1992.

REFERENCIAS

- (1) ISOE Overview Report "Nuclear Power Plant Occupational exposures en OECD countries: 1969 - 1991" OECD Nuclear Energy Agency, June 1993.



ACTIVIDADES DE LA COMISIÓN EUROPEA EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (1993-1994)

La Comisión Europea ha remitido al CRPPH (Committee on Radiation Protection and Public Health) de la NEA/OECD un informe que recoge las actividades de la Comisión en protección radiológica en el bienio 1993-1994. El documento es bastante extenso por lo que tan sólo se adelanta la información considerada de mayor interés para nuestros lectores.

- Revisión de las Normas Básicas de Seguridad (Basic Safety Standards)

En Julio 1992 la comisión publicó un primer borrador para la revisión de la Directiva de Seguridad. En Julio de 1993 se hizo la propuesta formal al Consejo de la Unión Europea, después de oír al Consejo Económico y Social, ECOSOL. El Parlamento Europeo dio su opinión en Abril de 1994 y actualmente la comisión está preparando una nueva propuesta recogiendo esas opiniones. La fecha final de aprobación no se conoce todavía pero no es probable que tenga lugar durante 1994.

Al mismo tiempo, la Comisión está presente en las actividades dirigidas por la Agencia Internacional de la Energía Atómica para la revisión de las Normas Internacionales Básicas de Seguridad (BSS). Existen algunos puntos de desacuerdo de poca importancia pero que necesitan ser revisados para conseguir la deseada coherencia entre las recomendaciones de los diferentes organismos competentes en P.R.

- Ayuda de la Comunidad a los

países del Centro y del Este de Europa y de la ex- Unión Soviética.

La comunidad está desarrollando una intensa labor en pro de la mejora de las condiciones de seguridad de los reactores de diseño ruso instalados en los países del Centro y Este de Europa así como en los países de la ex-Unión Soviética.

La ayuda se realiza a través de programas propios de la Comunidad (PHARE y TACIS) así como por la coordinación de los programas del G-24 (grupo de 24 países industrializados) y del G-7.

A través del programa TACIS se han dedicado a actividades de ayuda un total de 311 MECU en el período 1991-94 y a través de los programas del G-24 un total de 677 MECU, de los cuales un 68% provienen de la propia UE o de sus estados miembros.

- Intercambio de información radiológica urgente en la Comunidad Europea (sistema ECU-RIE).

Este sistema está en marcha desde 1988, empleando transmisión vía telex. Dadas las limitaciones de este medio se ha realizado un estudio de viabilidad para introducir un sistema electrónico de transmisión de información, cuya eficacia será comprobada en un estudio piloto que será puesto en marcha de manera inmediata.

- Dosimetría

Las recomendaciones técnicas para el control de las exposiciones del personal a radiación externa están ya en la imprenta.

Han continuado las actividades de medida y análisis de dosis ocupacionales en plantas nucleares. Se ha publicado un informe (CE Radiation Protection Series nº 56) sobre exposiciones ocupacionales en los reactores nucleares europeos de agua ligera.

Se está trabajando intensamente en la protección de las tripulaciones aéreas frente a la radiación natural. En 1993 se publicaron los trabajos presentados al Workshop celebrado en Luxemburgo en 1991 (Radiation Protection Dosimetry vol 48, 1993).

Ha finalizado la intercomparación de dosímetros de accidente y se está preparando un informe con los datos obtenidos. Este programa de intercomparación está siendo promovido por la IAEA, el Departamento de Energía de los Estados Unidos y coordinado por la Comisión de las CE. En 1995 está previsto organizar un workshop en Luxemburgo sobre este tema.

- Investigación en Protección Radiológica

El tercer programa marco de I + D (1991 - 1994) se encuentra en ejecución con 94 contratos plurinacionales y un total de 375 proyectos. La mayoría de los contratos han sido ampliados hasta el fin de Junio de 1995. La contribución total de la Comunidad para todo el período 91 - 95 ha sido de 33,1

MECU (millones de ECUs. Los proyectos en desarrollo se refieren a tres grandes sectores.

- La exposición humana a radiaciones y radioactividad
- Las consecuencias de la exposición de las personas a radiaciones, su medida, prevención y tratamiento.
- Los riesgos y la gestión de la exposición a radiaciones

Desde 1993 se han establecido alrededor de 40 contratos de investigación con socios de la Europa Central y del Este de modo coordinado con los contratos ya existentes con países miembros de la UE.

En el contexto de la colaboración ya existente con Bielorrusia, Ucrania y Rusia sobre las consecuencias del accidente de Chernobyl se han establecido 16 nuevos contratos de investigación con un presupuesto para 1993 de un total de 7,5 MECU.

Un proyecto de asistencia humanitaria para mejorar la atención sanitaria en Bielorrusia y Ucrania por un importe de 1,3 MECU se acordó dentro del programa ECHO-2. Este proyecto fue establecido ante la evidencia de la existencia de cáncer de tiroides en niños que residían cerca de Chernobyl. La ayuda de dirigió a proporcionar equipamiento diagnóstico y terapéutico, medicamentos así como entrenamiento a los equipos médicos.

- Problemas tecnológicos de la Seguridad Nuclear.

En Diciembre de 1993, la Comisión envió al Consejo de Ministros una comunicación "Hacia un sistema de criterios y requerimientos de seguridad reconocido en toda la Comunidad y una

cultura genuina sobre seguridad en Europa" (Towards a system of safety criteria and requirements recognised throughout the Community and a genuine safety culture throughout Europe) (COM (93) 649 -final).

El objetivo fundamental de mejorar los sistemas de seguridad que garantizan la protección del público y el medioambiente frente a los riesgos debidos al uso de energía nuclear se están consiguiendo con la ayuda de dos grupos de trabajo de la Comunidad. Uno de ellos, el de Seguridad en los Reactores (Reactor Safety Working Group) reúne a representantes de todas las organizaciones involucradas en la seguridad de las instalaciones. El otro grupo, de Organismos Reguladores Nucleares (Nuclear Regulators' Working Group) está formado solamente por miembros de las autoridades nacionales en temas de seguridad.

Los sistemas de seguridad que se están estableciendo de manera gradual atienden a tres aspectos esenciales; la organización de la seguridad, los métodos empleados para garantizarla y las regulaciones técnicas. Se han obtenido progresos considerables en el tema de la organización de seguridad y fruto del consenso europeo en este tema es el reciente informe "Objetivos y requerimientos del régimen regulador de la seguridad nuclear" (Objectives and requirements of a nuclear safety regulation regime).

Merece la pena destacar el esfuerzo dedicado a ayudar en temas de seguridad nuclear a los países del Centro y Este de Europa y repúblicas ex-soviéticas, actividades llevadas a cabo dentro de los programas PHARE Y TACIS y por medio de los grupos de trabajo CONCERT (para la concertación de las tareas reguladoras Europeas) y RAM (para

la gestión de las ayudas en actividades reguladoras). Ambos grupos están específicamente dirigidos a la cooperación y transferencia de métodos y sistemas de regulación a los países del Este

- Gestión de residuos radiactivos y clausura de instalaciones nucleares.

La Comisión ha enviado en Marzo de 1994 una comunicación al Consejo de Ministros sobre residuos radiactivos, proponiendo acciones en temas como la armonización de las definiciones y clasificación de residuos, minimización de la cantidad de residuos, transporte, información al público, financiación y estructuras para la gestión de residuos. Esta comunicación está siendo considerada por el Consejo de Ministros, el Parlamento y el ECOSOC.

El plan de acción en el campo de los residuos radioactivos que ha estado operativo durante 12 años (1980 - 1992) ha sido renovado y estará en operación hasta 1999. Esta decisión fue adoptada por el Consejo de Ministros el 15 de Junio de 1992.

El actual programa de I + D en residuos radiactivos está en su año final, pero ha sido prolongado como el resto de los programas hasta Junio 95. Mas de un tercio de los proyectos financiados se refieren a depósitos profundos bajo tierra, así como a estudios Geo-Hidrológicos y Físico-Químicos de los terrenos candidatos a alojar tales depósitos.

Las actividades de clausura de instalaciones nucleares han continuado con la retirada de todo el equipamiento activo de la planta piloto AT-1 (Francia), y el desmantelamiento del blindaje térmico del reactor belga BR-3 (PW3).



ASAMBLEA GENERAL DE EURADOS (EUROPEAN RADIATION DOSIMETRY GROUP). Estrasburgo, Septiembre 1994

En el mes de Septiembre de 1994 se ha celebrado en Estrasburgo la XXI Asamblea General de EURADOS, organización europea para el desarrollo y armonización de los aspectos relacionados con la dosimetría de las radiaciones. La Asamblea General es la actividad central de EURADOS donde, además de discutirse los aspectos administrativos y financieros de la asociación, se presentan los avances científico-técnicos producidos y el estado actual de los diversos Grupos de Trabajos.

La organización y objetivos de EURADOS han sido recientemente expuestos en el número 2/94 de la revista Radioprotección ("EURA-

DOS, Grupo Europeo para la colaboración de la investigación y desarrollo de la dosimetría", F. Fernández y otros), donde se describen la organización y estructura de EURADOS así como los diferentes Grupos de Trabajo y la participación española en los mismos. Así mismo, las líneas básicas de actividad de cada Grupo de Trabajo que fueron expuestas en Estrasburgo han sido objeto de una ponencia presentada en la XX Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española, celebrada en Córdoba ("EURADOS: Situación actual de la investigación europea de Dosimetría y perspectivas de futuro"; C. Sancho y otros).

La representación española con derecho a

voto en EURADOS es el CIEMAT, haciéndose efectiva la sustitución de D. Rafael Saenz Gancedo por D. Carlos Sancho Llerandi como representante español en la Asamblea General de EURADOS. Este hecho junto con la reciente incorporación de nuevos colaboradores españoles como miembros asociados a EURADOS abre una nueva etapa en la presencia de nuestro país en esta organización, cuyo objetivo será ampliar la presencia de participantes españoles en los distintos Grupos de Trabajo, transmitir la información y actividades discutidas en EURADOS a los distintos centros españoles de investigación en aspectos dosimétricos y coordinar los esfuerzos nacionales en este campo.

"PROTECCION RADIOLOGICA"

Con este titular en castellano, en el Boletín del NRPB "Radiological Protection Bulletin", número 157 de Septiembre de 1994, se publicaba la nota que sigue:

Few popular publications on radiological protection are as well presented as those from the Nuclear Safety Council in Madrid. The Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) is the independent public authority responsible for

regulating and monitoring nuclear and radioactive facilities in the broadest sense. It puts out a range of colourful booklets and charts, many in charming cartoon style.

NRPB has an exchange agreement with CNS on matters of mutual interest as it does with the Energy, Environmental and Technological Research Centre (Centro de Investigaciones Energéticas,

Medioambientales y Tecnológicas or CIEMAT), a public-sector organisation with special interest in waste disposal.

As for the profession, it is represented by SEPR - La Sociedad Española de Protección Radiológica - which organised the memorable Salamanca conference on ICRP Publication 60 and publishes the quarterly review Radioprotección.

FINAL DE UNA POLÉMICA FRANCESA Y DE LOS OBSTÁCULOS PARA LA ADOPCIÓN DE LAS NUEVAS NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA INTERNACIONAL

En un comunicado oficial del gobierno francés, emitido por el Ministerio de Industria el pasado día 13 de Julio se declaraba formalmente que Francia aplicará la nueva normativa basada en las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-60).

Esta noticia podría carecer de significado para muchos lectores que no han tenido oportunidad de conocer un agrio debate suscitado en Francia y trasladado al plano internacional.

El anuncio, nos consta, ha supuesto para casi todos los colegas franceses y algunos responsables de organizaciones internacionales un inmenso alivio que habrá contribuido en buena medida al disfrute adecuado del período de vacaciones veraniegas.

El tema se origina en un pequeño grupo de especialistas franceses, todos ellos veteranos que han estado argumentando contra la aplicación del ICRP-60. Los argumentos fundamentales se refieren a que ICRP no había incluido evidencias posteriores que demostrarían que no existen efectos nocivos a dosis de radiación bajas y, por el contrario, habría evidencias de una respuesta adaptativa de las células (la llamada hormesis) para dosis menores de 20 mSv.

Ha sido precisamente el borrador de un documento sobre el tema preparado por el Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) que ha dado argumentos para una oposición frontal francesa centrada en los límites de dosis. En su reunión de Marzo pasado el UNSCE-

AR analizó el borrador del documento en cuestión y en la interpretación posterior del representante francés Profesor P. Pellerin podría reconocerse implícitamente la existencia de un umbral para la producción de efectos estocásticos. En consecuencia la disminución del límite de dosis recomendado por la ICRP quedaría invalidado al basarse en la hipótesis de extrapolación lineal sin umbral.

Es de interés mencionar que el Sr. Pellerin, además de ser el representante actual ante UNSCEAR, ha sido durante muchos años miembro de los Comités de Trabajo del ICRP y hasta 1993 el Director de Servicio Central de Protección contra las Radiaciones Ionizantes (SCPRI) del Ministerio de Sanidad de Francia. Pese a estar retirado gozaba de prestigio en el Ministerio de Sanidad e incluso mantenía un despacho en la sede del Organismo que había dirigido.

En su informe sobre la reunión del 18 de Marzo, advirtió a las altas autoridades francesas que debían oponerse en todas las instancias a la adopción de las Normas Básicas (tratado Euratom de la Unión Europea, OIEA, NEA/OECD, etc.).

La base de argumentación era que el Comité UNSCEAR "de forma unánime entendía que en los documentos científicos actuales o en preparación no había elementos que justificaran la reducción de las normas de radioprotección". Como se entenderá el argumento parecía de mucho peso teniendo en cuenta el rigor científico y prestigio del UNSCEAR que, no olvidamos, constituye la referencia obligada fundamental para el desarrollo de normas de radioprotección.

Esa interpretación parece que no fue, en su momento, debidamente contrastada y el UNSCEAR de hecho, concluye que no existe justificación actual para reducir límites pero con respecto a los niveles recomendados en el ICRP-60.

Estos conceptos y argumentaciones avivaron la polémica existente y lo que es más importante, provocaron una oposición oficial del gobierno contrario a la aprobación de las nuevas normas. De este modo en la Junta de Gobernadores del OIEA la representación francesa obtuvo en Junio pasado en Viena la postergación de la aprobación de las Normas Básicas interagencias. Asimismo, se efectuaron unas declaraciones en el Grupo de Cuestiones Atómicas de la Unión Europea y el CRPPH de la NEA/OECD cuestionando fundamentalmente los límites de dosis para el público.

Esta situación dejó absolutamente perplejos, tanto a funcionarios internacionales, a colegas extranjeros, como a los propios científicos franceses que habían estado participando en los grupos de trabajo que elaboraron la normativa misma. A título de ejemplo un representante francés había presidido en Viena el grupo de trabajo que trató precisamente sobre exposición de la población. Por supuesto tampoco había existido oposición en los años anteriores en los Grupos de Expertos de Euratom o de la NEA/OECD. Para no abundar baste recordar que las Normas Básicas fueron consensuadas en Viena en Diciembre de 1993 por 127 expertos gubernamentales entre los cuales se contaban por supuesto los de Francia además de cinco españoles.



El Sr. Pellerin encontró algunos aliados en Francia y se decía contar con el soporte de quien ha sido pionero en los trabajos sobre la respuesta adaptativa de las células. Toda esta situación, en un momento dado, parecía que podría abortar un formidable esfuerzo de armonización internacional obtenido trabajosamente durante más de tres años. La propia ICRP fué oficialmente consultada por la secretaría conjunta de las Normas Básicas y tuvo que expedirse en un documento expresando que no existía ninguna nueva evidencia que hiciera cambiar los límites de dosis para el público o cualquier otra recomendación del ICRP-60.

Finalmente entonces, el comunicado en cuestión con el que se comenzaba esta nota puso punto final a la polémica. No obstante, el mismo incluyó sagazmente el "dejar puertas abiertas" ya que indicaba que se pediría la opinión de la Academia de Ciencias. Por otra parte, el comunicado dejaba claro que las nuevas normas no plantean problemas técnicos de aplicación en Francia.

Es de interés destacar que conviene sacar conclusiones y lecciones de este suceso. Por una parte obliga a reflexionar sobre las incertidumbres existentes respec-

to a los efectos a bajas dosis y por otra sobre las consecuencias que tendría la pérdida de credibilidad en el propio ICRP. Asimismo, no ha resultado nada agradable ver circular, como secretos o voces, copias de documentos oficiales sobre el tema utilizados para difundir o defender determinadas posiciones. Evidentemente y al final, el problema no ha sido científico y afortunadamente la cuestión ha vuelto a sus cauces naturales.

David Cancio
CIEMAT

"20 ANIVERSARIO DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA"

La Sociedad Nuclear Española, constituida por personas dedicadas al cultivo de la ciencia y la tecnología nuclear con objeto de contribuir al mejor desarrollo de las mismas en todo el ámbito del Estado español, celebra durante este año el cumplimiento de vigésimo aniversario de su constitución.

Aunque todas las actividades habitualmente celebradas por la Sociedad han estado impregnadas por tal conmemoración, la Junta Directiva, para dar un mayor realce a tal acontecimiento, decidió organizar los actos específicos que tuvieron lugar durante los días 14 y 15 del pasado mes de Junio.

El día 14, en el incomparable marco del Auditorio Nacional de Música y bajo la presencia de honor de su Majestad la Reina, la Orquesta de la Escuela Superior de Música Reina Sofía celebró un concierto con obras de Mahler, Mozart, García Abril y Britten. La audiencia, constituida por dos mil personas entre asociados, amigos e invitados,

disfrutó de los alardes interpretativos de los jóvenes maestros dirigidos por Luis García Asensio.

El día 15 tuvo lugar, en la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, el Acto Conmemorativo del Vigésimo Aniversario. La presentación del acto realizada por Enrique Valero, Presidente de la SNE, fue seguida por las conferencias del Dr. Zack T. Pate, Presidente del Institute of Nuclear Power Operation; Charles Smith, Ayudante Especial del Director de la Oficina de Gestión de Residuos Radiactivos Civiles del DOE de EE.UU y Armando Duran, Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, que respectivamente, disertaron sobre "INPO y las perspectivas de la Energía Nuclear", " el programa del Repositorio de Residuos de Alta Actividad de EE.UU" y " Los Orígenes de la Junta de Energía Nuclear".

Finalizada las mencionadas conferencias, José María Martínez-Val, escritor, ex-presidente de la SNE y actual Director de la

ETII de Madrid presentó la edición del libro "Los primeros 20 años".

La celebración del acto-técnico-cultural finalizó con una Mesa Redonda, moderada por José María Fernandez-Rua, con el genérico "La energía Nuclear durante los últimos 20 años y su proyección actual". En la mesa y posterior debate participó Juan Velarde Fuentes, Catedrático de Economía de la Universidad Complutense de Madrid que presentó sus puntos de vista sobre: ¿Puede considerarse que España haya salido de la crisis energética del final de 1973?.

En la misma Mesa Redonda, sobre aspectos tales como:

- "Moratoria Nuclear y nivel tecnológico"
- "Energía Nuclear y opinión pública"
- "Energía Nuclear y Unión Europea"
- "La fusión Nuclear".

Intervinieron Javier de Pinedo, Director de Generación de Iberdrola; Alberto López, Director General de Enresa; Guillermo Velarde, Director del Instituto de Fusión Nuclear de la ETSIIM; Adolfo García Rodríguez, Director General de Empresarios Agrupados; Enrique García Álvarez, Director Técnico del Grupo Endesa; Rafael Caro, Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear y Agustín Alonso, Catedrático de Tecnología Nuclear de la ETSIIM.

Los actos finalizaron con un aperitivo servido, en los propios locales de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, a todos los asistentes.

La SNE, con motivo de esta efemérides

ha recibido las felicitaciones de diversas organizaciones: Forum Atómico Español, Sociedad Española de Protección Radiológica, Forum Atomique Européen, International Atomic Energy Agency, World Association of Nuclear Operators, Instituto de la Ingenieros de España, Ilustre Colegio Oficial de Físicos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y otras organizaciones nacionales e internacionales.

Conviene añadir que el libro "Los Primeros Veinte Años" conmemorativo de la efemérides es un magnífico logro de la SNE. Es una monografía de abundante e interesante contenido histórico que será sin duda muy útil para quienes en el futu-

ro hayan de estudiar el devenir de la energía nuclear en España. El libro recoge además un informe muy completo del sector nuclear español con un resumen de datos de interés de todas las centrales nucleares españolas, incluyendo tanto datos relativos a las propias instalaciones como a sus resultados de operación. La última sección contiene los datos básicos para poder estimar la proyección futura de la SNE y del propio sector nuclear español.

Hay que felicitar a la SNE en su aniversario pero también por la excelente organización de la efemérides y por el esfuerzo y el empeño puestos en la edición del volumen conmemorativo.

SITUACION DEL PROCESO DE REVISION DE LAS NORMAS INTERNACIONALES DE PROTECCION RADIOLOGICA

1.-Normas Básicas de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica

En la reunión de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que tuvo lugar el pasado mes de septiembre se aprobaron las nuevas Normas Básicas de Seguridad del citado Organismo

Concluye así un proceso que se inició en 1990 para adaptar las anteriores normas del OIEA a las nuevas recomendaciones básicas de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (Publicación 60) y en el que, adicionalmente, se perseguía alcanzar un adecuado nivel de armonización entre las normas de protección radiológica y las de seguridad nuclear.

El desarrollo de estas normas se ha rea-

lizado bajo el patrocinio conjunto del propio OIEA, de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, de la Organización Mundial de la Salud, de la Organización Internacional del Trabajo, de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación y de la Organización Panamericana de la Salud.

Es de destacar, y así se recalca por el Director General del OIEA en el prólogo a las normas, el enorme esfuerzo que se ha invertido a lo largo del proceso de elaboración, que ha involucrado centenares de expertos de los estados miembros de las organizaciones patrocinadoras; baste señalar como muestra que en la reunión del Comité Técnico (Diciembre-1993), en la que dio la conformidad técnica a la aprobación de las normas, participaron un total de 127 expertos de 52 países y 11 organizaciones.

Aunque se esperaba que las normas fueran aprobadas en la Junta de Gobernadores que se celebró el pasado mes de junio, las reticencias manifestadas por la delegación de Francia en relación con el nuevo límite de dosis para miembros del público, aconsejaron excluir la aprobación de las normas del orden del día de dicha Junta.

Es intención del OIEA proceder inmediatamente a la publicación de las normas, a modo de documento provisional (en inglés); una vez que las normas hayan sido aprobadas por el resto de las organizaciones patrocinadoras, se publicarán finalmente como parte de la colección "Safety Series" en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.



2.-Normas básicas de protección radiológica de Euratom

En 1991 se inició el proceso de revisión de las actuales normas básicas de protección radiológica de Euratom, que constituyen el fundamento de nuestro Reglamento de Protección Sanitaria, con objeto de adaptarlas a las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica

De acuerdo con el procedimiento establecido al efecto en la Unión Europea, este proceso de revisión ha comprendido -hasta ahora- las siguientes fases:

1ª) Elaboración de una propuesta preliminar por parte de la Comisión de Comunidades Europeas (Julio-92), tras la consulta preceptiva al Grupo de Expertos del Artículo 31 del Tratado de Euratom.

2ª) Presentación de la propuesta preliminar ante el Comité Económico y Social, quién emitió el correspondiente dictamen en Febrero de 1993

3ª) Elaboración de una propuesta revisada por parte de la Comisión (Julio-93), teniendo en cuenta la opinión del Comité Económico y Social

4ª) Presentación de la propuesta revisada ante el Consejo de las Comunidades Europeas para su análisis y estudio

El proceso de estudio de la propuesta revisada por parte del Consejo, que constituye la fase inmediatamente previa a la publicación de la Directiva, se encuentra actualmente en marcha, siendo de destacar que:

- La propuesta revisada fue presentada con carácter consultivo ante el Parlamento Europeo, quién ya emitió el pertinente dictamen (Abril-94), proponiendo diversas enmiendas sobre el texto de la propuesta revisada

- La propuesta revisada fue sometida al examen del Grupo de Cuestiones Atómicas que, en abril de 1994, completó una primera lectura de la misma. Como fruto de las deliberaciones y discusiones mantenidas durante este proceso, se ha elaborado una nueva propuesta revisada

Actualmente, esta nueva propuesta está siendo analizada en una segunda lectura por el Grupo de Cuestiones Atómicas que, asimismo, se pronunciará sobre la inclusión de las enmiendas

introducidas por el Parlamento Europeo en el texto final.

Ignacio Amor
(Consejo de Seguridad Nuclear)

NOTA DE LA REDACCION

Relacionado con las Normas Básicas internacionales patrocinadas por OIEA y varias organizaciones, hemos tenido una información de último momento en coincidencia con el cierre de esta edición.

Esta información proveniente de la Secretaría conjunta precisa que la versión preliminar que editará el OIEA en idioma inglés se espera está finalizada antes del fin de año. Ha existido una cierta demora para permitir actualizar el Anexo II.

En el Anexo II, las Tablas de dosis comprometidas por unidad de incorporación incluirán los valores de la vía de inhalación calculados con el nuevo modelo pulmonar de ICRP. Además, se computarán los valores teniendo en cuenta la clasificación de los diferentes compuestos químicos. Por tanto, aún la versión preliminar incluirá la información técnica más actualizada.

CURSO ISPRA TECHNIQUES AND MANAGEMENT OF PERSONNEL THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY SERVICES

Dentro de la programación habitual que viene realizando el Instituto de Estudios de la Energía, se ha realizado dentro del Area de Protección Radiológica en colaboración con ISPRA un curso sobre las Técnicas y Gestión de los servicios de dosimetría personal. Este curso, impartido en el Joint Research Centre de Ispra en 1993, es la primera vez que se organiza en España.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica y las Directivas Comunitarias obligan a que todos los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes estén sometidos a una vigilancia dosimétrica individual que en nuestro país realizan los Centros autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

El curso se ha dirigido al personal técnico y a los gestores de estos Servicios de Dosimetría basados en el uso de dosímetros de termoluminiscencia (TLD), estos dosímetros utilizan la propiedad que presentan algunos materiales, irradiados previamente, de emitir luz durante un calentamiento posterior. La emisión luminosa proporcionará

información acerca de la dosis recibida por el trabajador. El interés habido por el curso se debe a que en los últimos años todos los grandes Centros Dosimétricos se han decantado por este tipo de dosimetría.

En el curso participaron como profesores expertos de los mayores centros nacionales: CIEMAT y Centro Nacional de Dosimetría (INSALUD), expertos de la Comunidad Europea y de los Servicios de Dosimetría de importantes centros extranjeros tales como Fontenay

aux Roses, Batelle US and Siemens, NRPB, COMET AG, Karlsruhe, Harwell y Seibersdorf que aportaron detalles sobre la operación y experiencia adquirida en sus centros de Dosimetría Personal sin olvidar la importancia de los aspectos relacionados con la gestión de los datos dosimétricos de los trabajadores.

La dirección del curso estuvo a cargo del Dr. M. Oberhofer, Radiation Protection Unit, JRC-ISPRA, del Prof. A. Scharmann, Justus-Liebig Universi-

tat y del Dr. A. Delgado, Instituto de Investigación Básica del CIEMAT. La coordinación de los aspectos docentes estuvo a cargo de M. Marco del IEE-CIEMAT.

En el curso participaron 25 personas de las cuales dieciocho fueron españoles una de Méjico y el resto de otros países de la Unión Europea.

M. Marco
IEE - CIEMAT

CARTAS AL DIRECTOR



Recibimos con agrado el primer número de la revista RADIOPROTECCION de la Sociedad que preside dignamente. Deseo expresarle en nombre de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica nuestra más sincera felicitación por este logro, haciendo votos para que esta revista sirva de vínculo de comunicación entre los profesionales de la radioprotección de nuestros países.

Aprovecho para enviarle el último número del Boletín de nuestra Sociedad y un saludo afectuoso.
Atentamente

Gustavo Molina

Presidente

Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica



Thank you for your letter of 6 June, with which you enclosed a copy of your magazine "Radioprotection".

I was grateful for the opportunity to see the magazine, which I am sure will contribute to the effectiveness of radiation protection in Spain. My only thought was that, if a wider audience is sought, it would be helpful if the main conclusions of each article were to be printed also in English.

I would be happy to provide contributions to the magazine from time to time, depending on the pressure of other commitments.

In any case, I wish you every success with it and look forward to receiving future issues.

Yours sincerely,

Dr Hans Eriskat
Head of Division European Commission
Directorate - General
Environment, Nuclear Safety and Civil Protection



En los últimos meses han circulado en ámbitos científicos ciertos rumores sobre la posibilidad de que no se financien a nivel europeo nuevos proyectos de Radioecología Marina dentro de los programas de Nuclear Fission Safety and Radiation Protection. Como Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, de la que soy miembro reciente (e ilusionado), te dirijo un texto en el que intento argumentar, de una forma general, que de hecho es imprescindible que exista un apoyo europeo a los proyectos de radioecología marina, que desearía que leyeras con atención. Pienso que desde tu posición como Presidente de la Sociedad y en representación de los profesionales del área, puede probablemente emprender acciones eficientes para transmitir mis reflexiones a aquellas instancias que puedan tener alguna influencia en la toma de decisiones al respecto.

Te agradezco tu atención y espero noticias tuyas.

Dr. J. A. Sánchez Cabeza

Departament de Física
Grup de Física de les Radiacions
Universitat Autònoma de Barcelona



Adjunto te remito copia de los informes provisionales de evaluación de resultados de las encuestas sobre Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. Te agradecería que difundieras la existencia de estos informes a través de la Sociedad Española de Protección Radiológica para que solicite una copia quien esté interesado.

No procede todavía su posible publicación (ni siquiera de un resumen de los informes) hasta que las Juntas Directivas de las Sociedades de Radiología Vasculosa y de Cardiología no tomen una decisión formal al respecto.

Recibe un fuerte abrazo.

Eliseo Vañó Carruana

Cátedra de Física Médica
Facultad de Medicina
Universidad Complutense de Madrid



I shall be very pleased to receive a complementary copy of Radioprotección each quarter: it will be placed in our library. In exchange, I have arranged for you to receive a complementary copy of our Bulletin.

You ask for my reaction. I like the layout of the magazine and the restrained style. There is a good balance between scientific articles and other material. And I can say with feeling that I know how much work your editorial team has to do.

How can we collaborate? For our part, we are most happy for you to reprint any material from the Bulletin that has been prepared by members of NRPB staff. For material prepared by others, however, you would need to obtain the authors' permission. We should be grateful for a reciprocal agreement with Radioprotección, although I realise that you may not have quite as much freedom as us.

With kindest regards,

Yours sincerely

M C O'Riordan

National Radiological Protection Board

NOTA DE LA REDACCION:

Todos aquellos socios que estén interesados en conocer estos resultados, pueden solicitarlos a la Secretaría Técnica de la SEPR.

AVISO A LOS SOCIOS DE LA SEPR

Por imperativo del sistema bancario es preciso contar con los 20 dígitos de las cuentas corrientes de todos los socios. Por ello, **se solicita dicha información** a todo aquel que hasta el día de la fecha no la haya comunicado a la Secretaría de la Sociedad. Estos datos están reflejados en la parte superior de los cheques.

DATOS BANCARIOS SOLICITADOS A LOS MIEMBROS DE LA SEPR

CODIGO ENTIDAD..... (4 DIGITOS)
 CODIGO OFICINA..... (4 DIGITOS)
 DIGITO DE CONTROL (DC) (2 DIGITOS)
 NUMERO DE CUENTA (10 DIGITOS)
 ENTIDAD (Caja o Banco)
 CALLE ENTIDAD.....
 APELLIDOS
 NOMBRE

Por favor enviar a:

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

c/ Apolonio Morales, 27

28036 MADRID

Fax: 91 - 350.76.52

SOCIOS COLABORADORES SEPR

AMYS
 ENRESA
 ENUSA
 GEOCISA
 HELGESON
 INITEC
 LAMSE
 TECNOS
 H. CORNIC

NOTA

El Comité Científico de la revista RADIOPROTECCION invita a los lectores de la misma a colaborar en sus contenidos enviando artículos científicos de interés, relacionados con el ámbito de la Protección Radiológica. Los artículos deberán reunir las características que se exponen bajo el epígrafe "Normas de Publicación" que los lectores pueden encontrar entre las páginas de la revista.

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

CONGRESOS Y REUNIONES

• **RADIATION RESEARCH Society** (31 Mar - 5 Apr 1995)
SAN JOSE, California USA
Radiation Research Society
1891 Preston White Drive
Reston, VA 22091
USA
Tel: 703/648- 3780
Fax: 615/574 - 1274

• **Annual Meeting of the National Council on Radiation and Measurements** (12 - 13 Apr 1995)
ARLINGTON, Virginia USA
NCRP
7910 Woodmont Ave, Suite 800
Bethesda, MD 20814
USA
Tel: 301 - 657 - 2652
Fax: 301 - 907 - 8768

• **RADIUM Society** (29 Apr - 3 May 1995)
PARIS, France
Secretariat, ARS
1101 Market St, 14th floor
Philadelphia, PA 19107
USA

• **Meeting of 100 YEARS OF RADIOLOGY** (May 1995)
Otha Linton, ACR
Radiology Centennial LTD.
1891 Preston White Drive,
Reston, VA 22091
USA
Tel: 703/648- 3780
Fax: 615/574 - 1274

• **National conference on RADIATION CONTROL** (4 - 12 May 1995)
SAN ANTONIO, Texas, USA
Conference of Radiation Control
Program Directors, Inc
205 Capotall Avenue
Frankfort, Kentucky 40601
USA
Tel: (502) 227 - 4543

• **International Meeting on QUALITY ASSURANCE IN RADIOTHERAPY** (8 - 9 May 1995)
SALZBURG, Austria
ESTRO secretariat
Dept of Radiotherapy

A Z St. Raphael
Kapucijnenvoer 35
B-3000 Leuven 35
Belgium
Tel: 32/16/33 64 13
Fax: 32/16/33 64 28

• **Symposium on ENVIRONMENTAL IMPACT OF RADIOACTIVE RELEASES** (8 - 12 May 1995)
VIENNA, Austria
Conference Service Section
IAEA
P O Box 100
A - 1400 Vienna
Austria
tel: 43 1 2360 1310
Fax: 43 1 234564
Cable: INATOM VIENNA

• **REGULATORY INFORMATION Conference of the US Nuclear Regulatory Commission** (8 - 10 May 1995)
WASHINGTON, D. C. USA
Ms A M Haycraft
US NRC
Office of NRR 12H5
Washington DC 20555
USA
Tel: (301) 504. 30. 75

• **5th International Meeting on PROGRESS IN RADIO-ONCOLOGY** (11 - 13 May 1995)
ESTRO Secretariat
Dept of Radiotherapy
A Z St. Raphael
Kapucijnenvoer 35
B-3000 Leuven 35
Belgium
Tel: 32/16/33 64 13
Fax: 32/16/33 64 28

• **7th Asian & Oceanian Congress of RADIOLOGY** (28 May - 1 Jun 1995)
KUALA LUMPUR, Malaysia
7th AOCR
Dept. of Radiology
University Hospital
59100 Kuala Lumpur
Malaysia
Tel: 03 - 7581973
Fax: 60 - 3 - 7581973

• **11 th International Conference on SOLID STATE DOSIMETRY** (10 - 14 July 1995)
BUDAPEST, Hungary
Institute of Isotopes, Hungarian
Academy of Sciences
Conference Secretariat
tel: (36 - 1) 201 6383
Fax: (36 - 1) 2018682

• **First International Conference of the European Union, Belarus the Russian Federation and Ukraine on THE**

CONSEQUENCES OF THE CHERNOBYL ACCIDENT (12 - 16 June 1995)
DRESDEN, Germany
Secretariat Mine I. Sombre
Comission des Communautés Européennes
DGXII/F - 6 (Arts - Lux 3/49)
Rue de La Loi 200 B - 1049
Bruxelles, Belgium

• **Training Course on RADIATION PROTECTION OF THE PATIENT** (8 - 12 May 1995)
BERLIN, Germany
European School of Radiology
Protection
ERPET; ISH; BFS; NRPB; CIR;
INSTN
A. Schmitt - Hannig
Institut für Strahlenhygiene
Ingol Stadter Landstr. 1
D - 85764 Oberschleiheim
/Neuherberg

• **International Conference Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Mining and Minerals Processing Industries** (20 - 24 Feb. 1995)
JOHANNESBURG, South Africa
Mr.P E Metcalf/Mrs. R Swanepoel
Council for Nuclear Safety, Radiation
Protection Conference
P O Box 7106
Hennopsmeer
0046
South Africa
Tel: 027 12 663 5500
Fax: 027 12 663 5513

• **International Conference on INTERNAL RADIATION DOSIMETRY Occupational workers and Public** (21 - 24 Feb 1995)
Dr. R.C. Sharma
Bhabha Atomic Research Centre
Bombay 400 085 India
Fax: 91 (22) 5560750

• **Training Course on RADIATION PROTECTION OF THE PATIENT** (8 - 12 May 1995)
BERLIN, Alemania
European Radiation Protection
Education and Training (ERPET)
European School of Radiological
Protection
A. Schmitt-Hannig
Institut für Strahlenhygiene
des Bundesamtes für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstr. 1
D-85764 Oberschleiheim
Neuherberg
Tel. 49 (89) 31603-101
Fax. 49 (89) 31603-111

• **4th International**

Symposium on ESR DOSIMETRY AND APPLICATIONS (15 - 19 May 1995)
GSF, München/Neuherberg
Mrs. V. Schrödel
Postfach 1129 D- 85758
Neuherberg, Germany
Tel: 49 - 89 - 3187 - 3030
Fax: 49 - 89 - 3187 - 3362

PROGRAMACION DE ACTIVIDADES DE FORMACION ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA
Formación en Protección
Radiológica
Avda de la Complutense, 22
28040 Madrid
Tel: 3466294
Fax: 3466005

2 de Diciembre de 1994

• **JORNADA: Calidad de imagen y reducción de dosis en radiodiagnóstico.**

5 de Diciembre de 1994

• **SEMINARIO: Desarrollos en exposiciones potenciales (accidentes). Con la colaboración de la SEPR.**
Dr. Dan Beninson. Comité 4 ICRP.

Del 12 al 16 de Diciembre de 1994

• **CURSO de Protección Radiológica para Dirigir Instalaciones Rayos X**

Del 19 al 20 de Diciembre de 1994

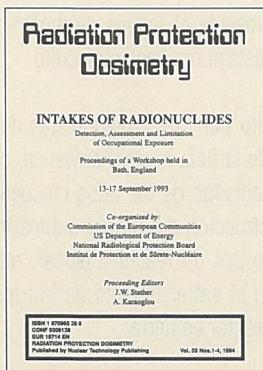
• **II JORNADAS sobre actuación en emergencias en Instalaciones radiactivas: "Accidentes radiológicos en el medio hospitalario".**
Organizado conjuntamente con la SEPR.

Del 23 de Enero al 14 de Abril de 1995

• **CURSO: Superior de Protección radiológica.**

Del 20 al 24 de Marzo de 1995

• **CURSO. Probabilistic Accident Consequence Assessment Course. Pc Cosyma. Commission of the European Communities DGXII.**
Organizado en Colaboración con el CSN, NRPB Y KFK dentro del programa ERPET.



INTAKES OF RADIONUCLIDES

Radiation Protection Dosimetry
 Proceeding Editors: J.W. Stather y A.
 Karaoglou
 Vol, Nos 1 - 4, 1994

Este volumen especial de Radiation Protection Dosimetry recoge las ponencias presentadas en el Workshop celebrado en la Universidad de Bath (Inglaterra) entre el 13 y 17 de Septiembre de 1993. La reunión estuvo organizada conjuntamente por la Comisión de las Comunidades Europeas, el Departamento de Energía de los Estados Unidos, el NRPB y el Institute de Protection et de Sûreté Nucleaire.

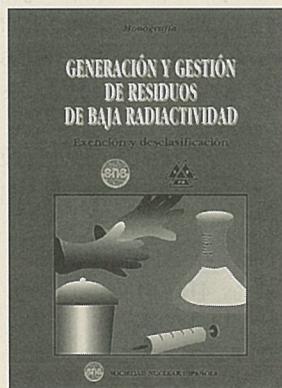
En el Workshop se revisaron los problemas derivados de la exposición ocupacional a radionucleidos y las implicaciones de las nuevas recomendaciones del ICRP (publicaciones 60 y 61). Se estudió la información disponible sobre las características fisico-químicas y biocinéticas de los materiales radiactivos en puestos de trabajo, con el objetivo de tratar de desarrollar vías para una mejor definición de criterios ALIs (límite anual para la incorporación de radionucleidos) específicos para los diferentes puestos de trabajo y los materiales radiactivos empleados.

Otros temas tratados en la reunión de

Bath han sido la asignación de dosis a partir de ensayos biológicos y/o de datos provenientes de control corporal total, nuevos modelos dosimétricos basados en estudios fisiológicos, así como algunos desarrollos recientes habidos en el tratamiento de la ingestión accidental de radionucleidos.

Este número monográfico de RPD es sin duda una valiosa referencia para todos aquellos profesionales con actividades relacionadas con dosimetría interna, tanto en el campo de las investigación y medida como en el de la regulación y control.

Comité Científico



GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS

La monografía consta de tres partes temáticas. La Parte Primera incluye la Generación y Gestión de Residuos Radiactivos en Centros Hospitalarios y de Investigación Biomédica y la Parte Segunda en el Ciclo de Combustible Nuclear. La Parte Tercera se refiere a la Desclasificación como Vía de Gestión.

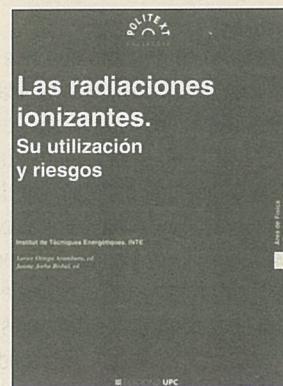
Cada una de las Partes contiene su pro-

pia Introducción, las ponencias específicas sobre el tema y las Conclusiones.

Se trata de un documento que resume la situación actual tanto a nivel internacional como española en la generación y gestión de residuos de baja actividad. Una mención especial debe hacerse al Capítulo de exención/desclasificación de materiales, tema importante y de plena actualidad.

Esta obra resulta de interés para un colectivo muy amplio de profesionales relacionados con instalaciones nucleares y radiactivas tanto en sus aspectos operacionales como de protección. Finalmente merece mencionarse la cuidada presentación, formato y organización de la monografía que facilita la identificación precisa de su contenido y hace agradable su lectura.

Comité Científico



LAS RADIACIONES IONIZANTES. SU UTILIZACION Y SUS RIESGOS

Editado por el Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Catalu-

ña, este título recoge una buena parte de la experiencia docente del profesorado del área de conocimiento de Ingeniería Nuclear del INTE (Instituto de Técnicas Energéticas). Está coordinado por el Profesor Dr. D. Xavier Ortega Aramburu, Catedrático de Universidad y Director del INTE. Consta de dos volúmenes diferenciados. El primero de ellos abarca los aspectos relativos a estructura y radiación atómica, estructura nuclear, radiactividad y reacciones nucleares e interacción de la radiación con la materia.

En consecuencia, en este primer volumen se tratan los tópicos habituales acerca de la naturaleza atómica de la materia, la radiación electromagnética, la constitución del núcleo atómico, la estabilidad nuclear, los distintos tipos de procesos radiactivo, el estudio de las reacciones nucleares, la interacción de partículas cargadas, fotones y neutrones con la materia y la producción de radioisótopos, entre otros temas de interés general. Cada una de las preguntas está bien tratada y correctamente expuesta.

El segundo tomo del libro contiene los siguientes capítulos: Magnitudes y unidades radiológicas, detección y medida de la radiación y dosimetría de la radiación. Por lo tanto, en esta segunda parte se aborda el estudio de las magnitudes radiológicas básicas: fluencia y flujo de partículas, exposición, dosis absorbida y dosis equivalente, así como el tratamiento de los detectores: de ionización gaseosa, centelleo, semiconductor y termoluminiscencia. También se trata en este segundo volumen, con una extensión y profundidad en consonancia con los contenidos de los cursos impartidos para la obtención del título de supervisor de instalaciones radiactivas, la dosimetría por emulsión fotográfica, la espectrometría gamma, alfa y electrónica, la instrumentación asociada a los detectores de radiación nuclear y la

dosimetría de partículas cargadas y de fotones, para finalizar con la descripción de la instrumentación básica utilizada en dosimetría y protección radiológica.

El libro, que recomendamos como bibliografía básica para radiaciones y a la Protección Radiológica, incluye también varios anexos con una variada y útil información sobre estadística aplicada a las medidas nucleares, unidades y constantes físicas, características de algunos importantes nucleidos, así como los valores del coeficiente másico de absorción de energía y del coeficiente másico de atenuación de diversos medios materiales. El tratamiento de cada uno de los temas es muy cuidado y se nota la elevada cualificación académica y la experiencia pedagógica de sus autores, de los profesores J.Jorba, A. Poch, C. Tapia, M. Sevilla, I. Vallés, J. R. Rosell, X.Dies M. Ginjaume y X.Dies.

El libro, de 522 pág, se puede solicitar al precio de 5.700 pesetas a la siguiente dirección:

Editorial DIAZ DE SANTOS
c/ Balmes, 417 - 419
08022 BARCELONA
Tel: 93 - 212.86.47

Juan José Peña Bernal
Universidad de Extremadura

LA TRAGEDIA DE LOS SUBMARINOS NUCLEARES SOVIETICOS

Almirantes Giltsov, Mormul y Ossipenko
Edit. Anaya & Mario Muchnik

Si bien de la historia del desarrollo nuclear americano hay abundante bibliografía, en el caso de la historia nuclear rusa no se conoce tanto. Por ello este

libro presenta el interés de mostrarnos un tema hasta ahora bastante oculto.

Escrito por tres protagonistas del desarrollo de la flota nuclear soviética, comienza a mediados de los años cincuenta, con la construcción del primer submarino propulsado por un reactor nuclear, relatando también el entrenamiento de la tripulación en un reactor en tierra.

La narración denota el modo de ser ruso, lleno de buena voluntad, valentía y sentimentalismo, junto al amor al alcohol que curiosamente es empleado como remedio contra la irradiación. Las anécdotas, entre las cuales se muestra su desapego a las medidas de protección en algunos casos con funestas consecuencias, hacen que el texto se lea con facilidad si no fuera por algunos errores tipográficos y de traducción.

Las pruebas de navegación bajo los hielos árticos constituyen el examen del sumergible que supera con éxito, terminando con ello la primera parte del libro.

La segunda parte es mas bien triste. Lo constituye un relato tras otro de incendios en submarinos con liberación de radioactividad y muertes. El autor Mormul las achaca al sistema, continua con una denuncia de los dispositivos de residuos y no tan residuos, reactores nucleares enteros, vertidos de forma incontrolada y en malas condiciones de estanquidad en el mar del archipelago de Nueva Zelanda. Sin embargo, cuando cita dosis de radiación, y esto es común a los otros autores, lo hace en unidades antiguas o con límites superiores a los admitidos en Occidente, de forma que a veces no es muy entendible.

Juan Amador
Hospital Militar C. Gómez Ulla, Madrid

FE DE ERRATAS

En el artículo sobre Radiología Vascolar Intervencionista, publicado en el N.º 2 • 1994 de **RADIOPROTECCION**, aparecían algunos errores en las magnitudes de la "Tabla II: Valores típicos de dosis", provocados por la conversión de programas informáticos. Reproducimos a continuación dicha tabla con estas magnitudes corregidas.

TABLA II: VALORES TÍPICOS DE DOSIS

AUTOR/EQUIPO	FLUOROSCOPIA	IMAGEN GRABADA	CINE
AAPM, 1985 rangos típicos citados en el protocolo Taylor, 1989	0,15 - 6 μ Gy/s a la entrada del intensificador	1 - 10 μ Gy/imagen a la entrada del intensificador	1- 10 μ Gy/imagen a la entrada del intensificador
	14-27 mGy/min a la entrada del maniquí (según tamaño de iris)	1,6-2,3 mGy/imagen a la entrada del maniquí en modo intraarterial (según tamaño de iris)	
	20-40 mGy/min en alto brillo	3,8-5,3 mGy/imagen a la entrada del maniquí en modo intravenoso (mayor tiempo de exposición/imagen)	
Pratt, 1993 5 equipos sin identificar modelos	0,3 hasta 0,9 μ Gy/s a la entrada del intensificador		0,07 hasta 0,5 μ Gy/imagen a la entrada del intensificador (con 50 imágenes/s, supone entre 3,5 y 25 μ Gy/s)
Steele, 1993 Philips DVI-V system con generador Maximus CM 80	0,3 hasta 0,7 μ Gy/s a la entrada del intensificador (0,32 para 35 cm; 0,41 para 25 cm y 0,70 para 15 cm)	7 -31 μ Gy/imagen a la entrada del intensificador (aunque los valores típicos en equipos modernos deben estar entre 0,5 y 1,5 μ Gy/imagen, menores que los 5 μ Gy para una radiografía en un conjunto de velocidad 400)	
Vañó y col. HUSC Philips Poly-C Generador Philips Optimus M200	0,5 hasta 1,1 μ Gy/s a la entrada del intensificador	Valores no disponibles a la entrada del intensificador. La escopia pulsada trabaja a 25 imágenes/s, con corriente de 720 mA y 5 ms/imagen a 68 kV	0,1 hasta 0,4 μ Gy/imagen a la entrada del intensificador (con 12,5 imágenes/s supone 1,3 hasta 5,0 μ Gy/s) Trabaja a 720-800 mA, con duración de impulso variable de 2,5 a 4,0 ms y a 74 kV
Vañó y col. HUSC Philips Poly-C Generador Philips Optimus M200	Medido a la entrada de un maniquí supone 32-37 mGy/min, con 5,2 mA y 80-90 kV	Medido a la entrada de un maniquí, supone 360 mGy/min	Medido a la entrada de un maniquí, supone 230 mGy/min a 12,5 imágenes/s y 440 mGy/min, a 25 imágenes/s
Vañó y col. HUSC Philips Poly-C Generador Philips Optimus M200	La tasa de radiación dispersa a 0,5 m, está entre 0,6 y 6 mGy/h según el tipo de proyección	La tasa de radiación dispersa a 0,5 m está entre 10 y 90 mGy/h	La tasa de radiación dispersa a 0,5 m está entre 30 y 70 mGy/h
Ortiz, 1989 HUSC Siemens Generador Poydoros 100, Digitron 3V	0,5 - 1,5 con rejilla, que corresponden a valores de 0,2 -0,8 sin rejilla	3,4 (sin rejilla) Lo que supone una dosis a la entrada del maniquí del orden de 8,4 mGy	



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

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

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

Los manuscritos serán revisados y evaluados por el Comité Científico.

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

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

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

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

Todo trabajo o colaboración, se enviará por triplicado, al Comité de Redacción de la Sociedad Española de Protección Radiológica, 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 aneños, que acompañan al artículo, no entran en el cómputo de los diez folios.

1.3 Siempre que sea posible se acompañará el texto escrito del correspondiente diskette con la copia en programa de tratamiento de texto en sistema Macintosh. En su defecto, se admite programa "Word Perfect 5.1" o compatible con IBM.

2. Título y Autores:

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

3. Resumen y Abstract 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. Referencia Bibliográfica

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

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

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

6. Ilustraciones y Tablas

Se utilizarán aquellas que mejor admitan su reproducción.

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

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

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

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



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

SOLICITUD DE ADMISION

Datos personales:

ApellidosNombre

Fecha nacimientoDirección particular

.....Código postal y PoblaciónTfno (.....)

Empresa o Centro de trabajoCargo

DepartamentoDirección

Código Postal y PoblaciónTfno (.....)

Estudios y formación

.....

Experiencia profesional

.....

.....

Publicaciones y trabajos relacionados con protección radiológica

.....

.....

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director deCódigo entidad

SucursalCódigo oficinaDígito de control

C/Pza.

LocalidadCódigo postal



(sigue)

Enviar correspondencia a :

Dirección particular

Lugar de trabajo

Socios que avalan su candidatura:

D/Dña.....Firma

D/Dña.....Firma

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

Numerario

Agregado

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

Muy Sr. Mío:

Le ruego que, hasta nueva orden, abonen con cargo a mi cuenta/libreta Nº en esa Entidad, los recibos que a mi nombre les presente al cobro la "SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA", c/ Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.

Atentamente

(firmado)

Nombre y Apellidos



• PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- Equipos de Protección Radiológica (irradiación y contaminación).
- Laboratorio de Mantenimiento de equipos de P.R.
- Laboratorio de Desarrollo.
- Laboratorio de Verificación de equipos de contaminación radioactiva.
- Servicio de Mantenimiento de ámbito nacional para:
 - Centrales Nucleares.
 - Organismos Oficiales.
 - Laboratorio.
 - Etc.
- Montaje de instalaciones "Llave en mano".
- Contratos de Mantenimiento.

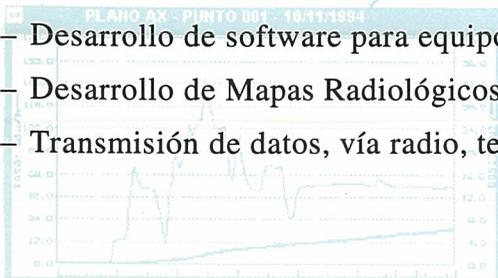
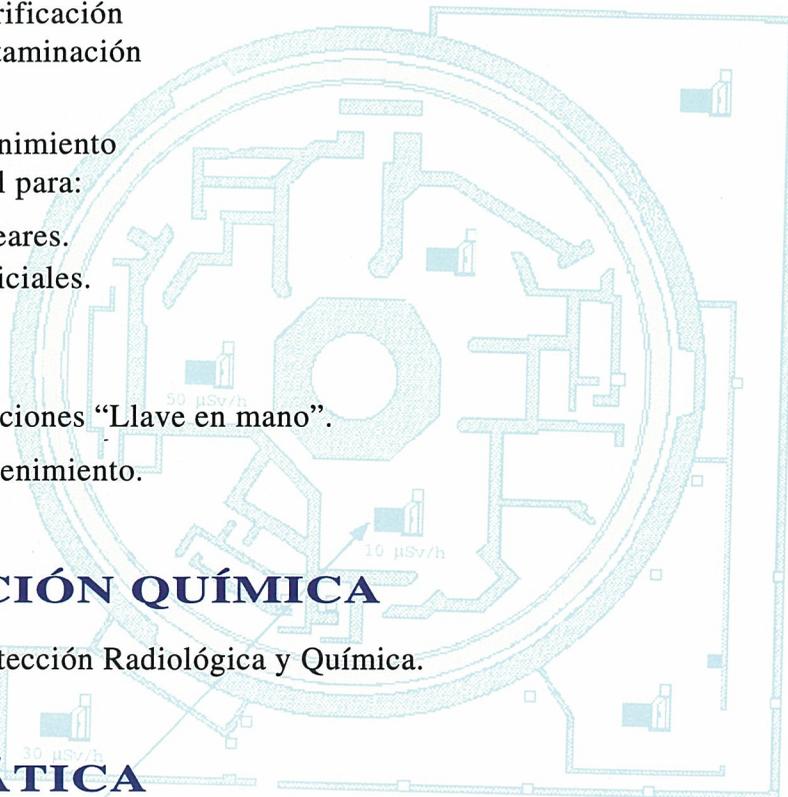


• PROTECCIÓN QUÍMICA

- Máscaras para protección Radiológica y Química.

• INFORMÁTICA

- Desarrollo de software para equipos de Protección Radiológica.
- Desarrollo de Mapas Radiológicos.
- Transmisión de datos, vía radio, teléfono, cable, etc.



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

ENUSA

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

