

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



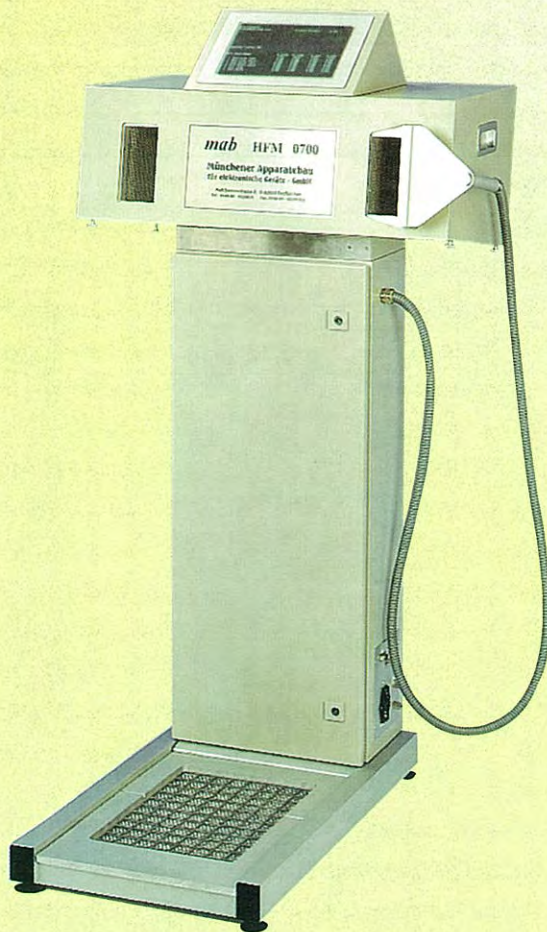
- ✓ *Inducción de **MICRONÚCLEOS** en **LINFOCITOS** humanos irradiados*
- ✓ ***COEFICIENTES** de **DOSIS** y evaluación de la incorporación por inhalación de **POLVO CONTAMINADO***
- ✓ *Programa **CUBANO** con niños de **CHERNOBIL***
- ✓ *Nuevas **NORMAS** de **PROTECCION RADIOLÓGICA** de la **UNIÓN EUROPEA***
- ✓ ***DISPOSICIONES** sobre **RADIACIÓN NATURAL** de la nueva **DIRECTIVA** de **NORMAS BÁSICAS** de **SEGURIDAD***
- ✓ ***ENTREVISTA:** **ALFREDO LLORENTE**, Presidente del **FORO** de la **INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA***

Nº 13 • Vol. IV • 1996

15 años al Servicio de la PROTECCION RADIOLOGICA

Dpto. Comercial

Münchener Apparatebau (mab)



**Monitor de Pies-Manos-Ropa
para contaminación α/β gamma**

Otros

- Desclasificación de materiales Radioactivos.
- Monitor de lodos y partículas.
- Tomador de muestras.
- Porticos de cuerpos completos.
- Porticos en "Single L".
- Monitores de radiación.
- Monitores de contaminación.
- Cámaras de ionización.



**Monitor MAB 500 de radiación
para Rayos X y Gamma
33 Kev a 7,5 Mev.**

Dpto. Técnica

- Laboratorio Electrónico.
- Mantenimiento de ámbito Nacional
- Verificación electrónica y radioactiva

Dpto. Informatica

- Software de aplicación
- Transmisión y captación de datos.
- Sistema de posicionamiento de medida (S.P.M.)

Dpto. Desarrollo

- Electrónica
- Mecánica



RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº13 Vol. IV • 1996

Director: Emilio Irazzo

Comité de Redacción
Coordinadora: María Teresa Macías

David Cancio, Teresa Ortiz, M^a Luisa España y
Alicia Martínez

Comité Científico
Coordinador: Antonio Delgado

Josep Baró, Pedro Carboneras, José M^a García Qui-
rós, Eugenio Gil, Fernando González, José Gutiérrez,
Miguel Herrador, Jerónimo Iñiguez, Ildelfonso Irún, M^a
Cruz Lizuain, Antonio R. López, Gloria Martí, Luis M.
Martín Curto, Armando Merino, Cristina Núñez, Pilar
Oliveras, M^a Cruz Paredes, Vicente Pastor, Turiano
Picazo, Santiago Quindos, José Carlos Saez, Antonio
Salvador, M^a Luisa Sánchez-Mayoral, Francisco J. Ruiz
Boada, Angeles Sánchez, Carlos Sancho, Matilde San-
tos, Luis M. Tobajas, Manuel Torno 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 DGB
Distribuye JARPA

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

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

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

| | |
|---|----|
| ✓ Editorial | 5 |
| ✓ Colaboraciones | 7 |
| • INDUCCIÓN DE MICRONÚCLEOS | 7 |
| "Inducción de micronúcleos en linfocitos humanos irradiados" | |
| A. Gómez Moraga, M. Alcaraz Baños, B. Tobarra González, M. Canteras Jordana, J. L. Genovés García | |
| • INHALACIÓN DE POLVO CONTAMINADO | 16 |
| "Coeficiente de dosis y evaluación de la incorporación por inhalación de polvo contaminado. Aplicación de los nuevos modelos biocinéticos de la C.I.P.R." | |
| G. N. Stradling, S. A. Hodgson, A. Hodgson, T. P. Fell, C. E. Irazzo, A. Espinosa, A. Aragón | |
| • NIÑOS DE CHERNOBIL | 26 |
| "Chernobil. Panorama del programa cubano con niños de áreas afectadas por el accidente" | |
| O. García, R. Llanes | |
| ✓ Contribuciones invitadas | |
| "Aspectos más relevantes de las nuevas normas básicas de protección radiológica de la Unión Europea (Directiva 96/26)" | 36 |
| I. Amor Calvo | |
| "Disposiciones sobre radiación natural incluidas en la nueva Directiva de Normas Básicas de Seguridad" | 44 |
| M. Markkanen, A. Janssens | |
| ✓ Entrevista | |
| "D. Alfredo Llorente, Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española" | 51 |
| ✓ Opinión | 54 |
| ✓ Noticias S.E.P.R. | 70 |
| ✓ Informaciones de interés | 73 |
| ✓ Publicaciones | 81 |
| ✓ Convocatorias | 83 |

SIEMENS



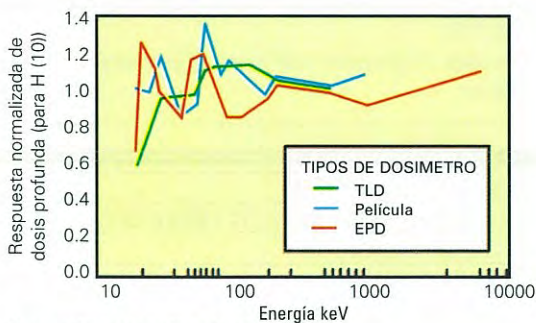
EPD Dosímetro Personal Electrónico

La seguridad nunca ha sido tan sencilla

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

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

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



Respuesta comparativa de energía

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

Tras el Congreso de Córdoba

E

l VI Congreso de la S.E.P.R., celebrado el pasado mes de septiembre en Córdoba, creemos ha marcado un hito importante

en la historia de nuestra Sociedad. En el mismo han concurrido una serie de hechos que han permitido decir que, así como el IV Congreso y la Conferencia Internacional de Salamanca supusieron el reconocimiento y la consolidación a nivel internacional, el de Córdoba ha conseguido la consolidación en el ámbito nacional. Por otra parte, también ha significado la apertura hacia una colaboración intensa y muy fructífera con los países del otro lado del Atlántico, que esperamos sea el nacimiento de una cooperación que dé lugar a la regionalización iberoamericana dentro del contexto de la IRPA.

El número de asistentes al Congreso fue considerable,

incluyendo a los no miembros de la S.E.P.R., pero podemos considerar que mucho más importante fue el número de comunicaciones presentadas, con un nivel científico y técnico muy aceptables y, en algunos casos, excelentes, fruto del magnífico trabajo realizado por el Comité Científico. Ambos aspectos demuestran el interés que se siente en nuestro país respecto a las diferentes materias que convergen en nuestra especialidad y en la que están implicados, no solamente el de aquellos que durante los muchos años pasados hemos estado convencidos de la importancia del tema, sino también el de muchos profesionales y técnicos jóvenes, lo que permite deducir que, al menos en España y por ahora, no debemos preocuparnos tanto por lo que en otros lugares se teme con respecto al abandono de nuestra profesión y la enorme necesidad de impulsar la aplicación, el mantenimiento y el desarrollo de la misma.

Ahora bien, el interés del Congreso no ha residido sólo

en la presentación de comunicaciones, sino que, todavía más importante, hay que reseñar la masiva asistencia a las sesiones científicas y el gran interés y magnitud de las discusiones mantenidas sobre la gran mayoría de las comunicaciones orales. Además, lo que ha sido, quizás, más sorprendente, el gran interés mostrado por los asistentes en la discusión de los posters presentados en la sesión oral, espacio que se quedó corto para la expectación manifestada y el gran número de preguntas que quedaron sin ser expuestas.

El tema del tiempo disponible para la presentación de las comunicaciones, así como el previsto para su discusión, es algo que realmente debe plantearse en la organización de nuestros próximos Congresos, siempre que éstos se realicen, como nos parece deseable, con la presentación de comunicaciones libres, al margen de las invitadas, aceptadas con un riguroso control científico-técnico de su contenido.

En el contexto de la alta calidad científica y técnica, no podemos menos que elogiar el trabajo realizado por el Comité Organizador, no sólo en lo relacionado con el desarrollo de las Sesiones Científicas, sino también en lo que se refiere al programa de Actos Sociales que alcanzó tal grado de interés, competencia, calidad y gusto que será muy difícil igualarlo o superarlo en el futuro.

Muy digno de tener en cuenta y agradecer ha sido el apoyo y la presencia en nuestro Congreso de los altos cargos de organismos y empresas relacionadas con las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y la energía nuclear y su regulación. Ello demuestra que han sabido comprender el papel tan importante que puede desempeñar la S.E.P.R. en conseguir una credibilidad, por parte de la sociedad, en cuanto al verdadero riesgo que implican esas aplicaciones y el hecho de que nuestras actividades van exclusivamente dirigidas a conseguir una protección adecuada.

La Mesa Redonda del Congreso, en la que se planteó la adaptación de las normas nacionales e

internacionales a las últimas recomendaciones de la ICRP, puso de manifiesto el inmenso trabajo que ha venido desarrollándose a lo largo de cinco años para tratar de obtener los textos más satisfactorios posibles que, con bastante homogeneidad, reflejan la filosofía, criterios y valores fundamentales adoptados en ICRP-60.

Sin embargo, se dejó entrever que, como tantas veces se ha indicado, la protección radiológica es una disciplina dinámica que, por depender de aspectos científicos y sociales, ha estado y estará sometida a una continua evolución y, en consecuencia, discusión dependiente de los conocimientos científicos y del grado de riesgo que cada población desee aceptar.

Al aceptar lo establecido en la ICRP-60, debemos considerar la adaptación de nuestra reglamentación a la nueva directiva de la Unión Europea sobre Normas Básicas de Seguridad. Entendemos que las nuevas normas representan una actitud ciertamente conservadora, quizás superior a la necesaria desde el punto de vista de los aspectos socio-económicos que pueden influir en la optimización, pero muy válida

para un determinado período de tiempo futuro. Como especialistas en protección radiológica, debemos dar su justa importancia a los conocimientos y evaluación científica que se están realizando continuamente y, por ello, debemos sentirnos satisfechos de su existencia y aplicación.

No obstante, es conveniente tener en cuenta los conocimientos y evaluaciones científicas que siguen realizándose con respecto al grado de riesgo de las dosis bajas de radiación, entre los que últimamente se encuentra una nueva revisión de las dosis en Hiroshima y la aceptación de una influencia inmunitaria por la recepción de una dosis que, debido a mecanismos de reparación y restauración, reduce los efectos de dosis posteriores. ¿Podría la recepción continua a bajas dosis de radiación de fondo natural y artificial modificar a la baja el efecto de las dosis, también bajas, que los profesionales y la población pueden recibir mediante la aplicación adecuada de las reglamentaciones de radioprotección?



INDUCCIÓN DE MICRONÚCLEOS EN LINFOCITOS HUMANOS IRRADIADOS

Se estudia la aparición de micronúcleos (MN) inducidos por radiación en linfocitos de sangre humana, para establecer una relación dosis-respuesta y determinar la dosis inferior de radiación estimable por el test.

Alfonso Gómez Moraga*, Miguel Alcaraz Baños*, Bonifacio Tobarra González**, Manuel Canteras Jordana***, José Luis Genovés García*

*Area de Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. 30100-Espinardo (Murcia)

**Servicio de Protección Radiológica. Hospital Universitario "Virgen de la Arrixaca. 30120-El Palmar (Murcia).

***Area de Bioestadística. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. 30100-Espinardo (Murcia).

Para ello, se han realizado dos grupos diferentes de experiencias: a) Inducción de MN en linfocitos humanos irradiados "in vitro" por radiación gamma; y, b) inducción de MN en linfocitos humanos irradiados "in vitro" por rayos X.

Se ha encontrado una relación de dependencia lineal cuadrática ($y=K+\alpha \cdot D-\beta \cdot D^2$) entre el número de MN y las dosis de radiación administradas. El límite inferior de dosis estimable con el ensayo de MN se puede establecer para rayos X entre 4-16 cGy, en función de los criterios utilizados para su determinación.

El ensayo de MN es un test sencillo y útil para determinar una relación dosis respuesta, lo que permitiría su aplicación como dosimetría biológica en situaciones donde no es posible o está ausente la dosimetría física.



The appearance of micronuclei (MN) was induced in human blood lymphocytes to establish the existence of a dose-response relationship between radiation and micronucleus frequency and determine the lowest radiation dose that can be valued by the micronucleus assay.

To do so, two different types of experiment were conducted: a) induction of micronuclei in human lymphocytes by gamma radiation “in vitro”; b) induction of micronuclei in human lymphocytes with low doses of X-rays “in vitro”.

Statistically, a linear-quadratic dependency relationship was found ($y=K+\alpha \cdot D-\beta \cdot D^2$) between the number of micronuclei and the doses of radiation administered. The lowest dose that can be valued by the micronucleus assay could be established as 4-16 cGy depending on the criteria used for determination.

The micronucleus assay is a useful and simple test to determine the dose-response relationship, thus enabling it to be applied as a biological dosimeter in situations where physical dosimetry is not possible or is absent.

INTRODUCCION

La utilización de la radiación ionizante en diversos campos de las actividades humanas ha obligado a un rápido progreso de los mecanismos físicos de dosimetría de la radiación, y también de los métodos biológicos para la evaluación individual de las dosis. En general, estos últimos métodos complementan las determinaciones físicas y podrían proporcionar una información importante cuando la dosimetría física no ha sido posible (ausencia de dosímetro personal), no es fiable (irradiación corporal parcial) o cuando un dosímetro es expuesto en forma aislada (bien intencionada o accidentalmente).

Entre los métodos biológicos adoptados con fines de dosimetría, el análisis citogenético es el más conocido. La presencia de aberraciones cromosómicas en linfocitos de sangre periférica se ha utilizado desde hace aproximadamente 20 años, como un indicador biológico sensible y fiable para radiaciones ionizantes (1-5). La sensibilidad del método cromosómico ha mejorado con la introducción de la técnica de diferenciación de cromátidas hermanas (6, 7). Sin embargo, el tiempo y las habilidades requeridas y, por lo tanto, el coste, es un elemento determinante que limita la utilización de la técnica. Por ello, se continúa la investigación para obtener un test biológico

rápido, sencillo, barato y sensible, que tuviera una resolución comparable al análisis directo de las aberraciones cromosómicas.

Recientemente, la atención se ha fijado en el ensayo de los micronúcleos con Bloqueo Citogenético (BC). Durante los últimos años, este test se ha utilizado en la valoración de inducción de lesión genética de todo tipo de sustancias químicas. Se ha empleado igualmente para comprobar el efecto lesivo sobre el material genético de diferentes agentes físicos, tales como el efecto de los campos magnéticos (8), de las radiaciones ultravioletas de lámparas halógenas sin

protección de cristal (9), y radiofrecuencia (10). Además, varios estudios sugieren que esta técnica podría usarse para la determinación de la dosis de radiación ionizante absorbida (11-17).

En este estudio se pretende establecer una relación dosis-respuesta entre la dosis de radiación ionizante y el número de MN en linfocitos humanos con BC en muestras de sangre irradiada "in vitro", y determinar el límite inferior de la dosis de radiación que resultaría posible estimar con dicho test.

MATERIAL Y MÉTODO

Inducción de MN por radiación gamma

Se han utilizado muestras de sangre de dos donantes sanos varones de 56 y 61 años de edad respectivamente, no fumadores, sin enfermedad conocida y, por ello, considerados supuestamente sanos. Se obtuvieron muestras de sangre periférica (10 ml) de las venas de la flexura del codo con 0,2 ml de heparina sódica al 5%. Para la obtención de la curva dosis-respuesta "in vitro" con radiación gamma, se han estudiado 13 muestras sanguíneas. La irradiación se ha realizado en un irradiador modelo IBL 437C (CIS, Francia), equipado con una fuente de Cs-137 y una actividad aproximada de 60 Tbq. Las diferentes dosis de exposición empleadas se obtuvieron mediante la modificación del tiempo de exposición y, para obtener las dosis más bajas, se emplearon diferentes espesores de blindaje para disminuir la exposición constante a la muestra. Las dosis utilizadas están comprendidas entre 0 y 8 Gy.

Posteriormente, las muestras de sangre irradiadas se cultivaron, siguiendo la técnica del BC descrita por Fenech (1986) (16): se añade 1 ml de sangre a 9 ml de medio de cultivo (Ham F10 85%, suero bovino fetal 15%, fitohemaglutinina 16 microgramos/ml, penicilina sódica 100 U.I./ml y estreptomycin 100 microgramos/ml). A las 44 horas del inicio del cultivo se añadió Citochalasina B (Cyt.B)(Sigma, Madrid) a razón de 3 microgramos/ml diluida en DMSO, para provocar el BC tras la primera división celular. La incubación de los cultivos se ha realizado a 37 °C ambiente de CO₂ al 85 % durante 72 horas. Las extensiones de los cultivos se tiñeron con May-Grünwald y Giemsa. Cada punto de la curva corresponde a la media de 6 determinaciones diferentes obtenidas para cada dosis de radiación ionizante.

Inducción de MN por rayos X

Se han utilizado muestras de sangre de siete pacientes para determinar la frecuencia de aparición de MN en linfocitos humanos irradiados "in vitro" con dosis bajas de rayos X similares a las empleadas en algunas exploraciones complejas de radiodiagnóstico médico. Los donantes son seis hombres y una mujer, con edades comprendidas entre 41 y 74 años, y una media de 59 años de edad. Se obtuvieron muestras de sangre en venas de la flexura del codo con 0,2 ml de heparina sódica al 5% que se mantuvieron sobre la piel del paciente, dentro del haz de radiación, durante el tiempo de exploración radiológica. Las dosis de rayos X de las 10 muestras sanguíneas

irradiadas fueron determinadas con dosímetros de termoluminiscencia, y oscilaron entre los 0 y los 162 mGy.

Posteriormente, las muestras de sangre irradiadas se cultivaron siguiendo la técnica descrita por Fenech y Morley (1986) (16) previamente descrita en el apartado anterior. Cada punto de la curva corresponde a la media de seis determinaciones obtenidas para la misma dosis de radiación.

Para el recuento de MN se ha utilizado un microscopio óptico tipo LABORLUX 12 (Leitz, Alemania), utilizando una magnificación de 400 aumentos, y en los casos de comprobación y/o discriminación hasta 1000 aumentos con aceite de inmersión. En los cultivos de linfocitos humanos tratados con Cyt.B, se han estudiado los linfocitos binucleados, bloqueados tras la primera división mitótica y que presentan su citoplasma conservado (16). El recuento de MN se ha realizado sobre 500 células con BC en cada una de las preparaciones estudiadas (Fig.1).

Determinación de las dosis de radiación

La determinación de las dosis de radiación administradas se ha realizado con dosímetros de termoluminiscencia, cristales de Fluoruro de Litio: Mg, Ti, tipo TLD-100 (Harshaw Chemical Inc). Se ha utilizado un lector de dosímetros TLD Universal TOLEDO modelo 654/1, (Vinten Ltd., R. Unido), y un horno de regeneración de dosímetros modelo 622/E (Vinten Ltd., R. Unido) en atmósfera de nitrógeno, libre de aire. Todos los dosímetros TLD

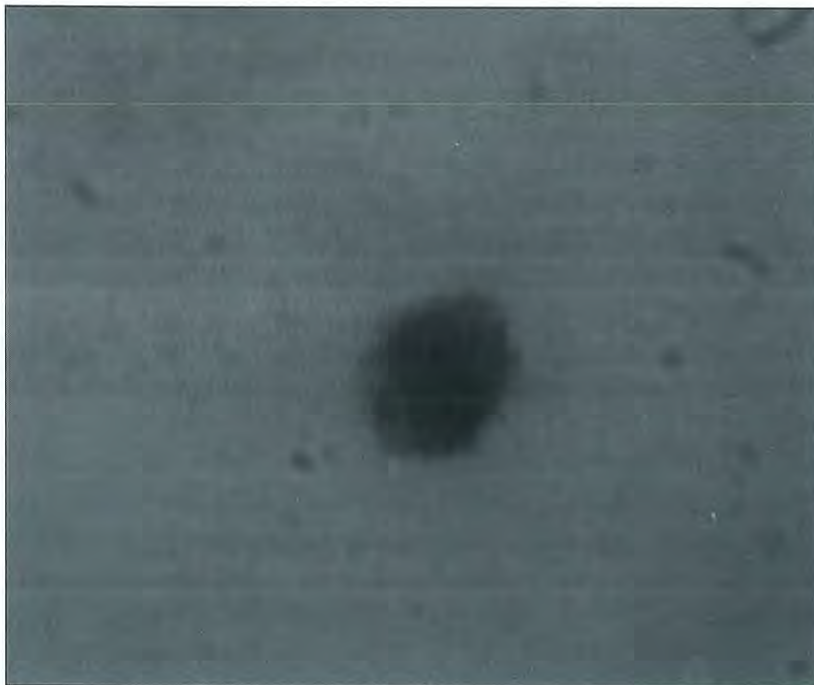


Figura 1. Linfocito humano binucleado con citoplasma conservado. Obsérvese la presencia de un micronúcleo en el citoplasma (x400).

utilizados se han calibrado a la energía del Co-60, y para dos haces de Rx de calidades HVL=3,7 mm AL y HVL=1,9 mm AL, con dosis en el intervalo de 0,5 a 5 cGy.

Morfometría de MN

Se ha utilizado el sistema MIP-Microm Image Processing (Microm España, Madrid), basado en el sistema IMCO 10 con cámara de vídeo conectada a un microscopio óptico AXIOSKOP x 40 (Zeiss). La lectura de imágenes son grabadas en disco, con campo de observación fijo (x1800). Los datos del muestreo se han realizado sobre 151 células binucleadas con presencia de micronúcleos y citoplasma preservado, del grupo expuesto a radiación gamma.

Estudio estadístico

Se ha utilizado el paquete BMDP Statistical Software (Versión 1988; IBM PC/DOS). El análisis estadístico ha consistido en comparaciones entre grupos realizando contrastes de igualdad de medias mediante análisis de varianza. Se han determinado ecuaciones polinómicas mediante análisis de regresión y correlación polinómicas. También se han aplicado análisis de regresión y correlación lineales a los datos obtenidos.

RESULTADOS

Grupo I: Inducción de MN por radiación gamma

La frecuencia de aparición basal de

MN en las muestras no irradiadas es de $3 \pm 0,5$ MN/500CB. Se aprecia relación entre el número total de MN observados y las dosis de radiación gamma recibidas del 97,15%. El número de MN podría calcularse del ajuste polinómico siguiente:

$$Y = K + \alpha \cdot D - \beta \cdot D^2$$

en donde: Y, es la raíz cuadrada del número total de MN, en 500 células CB; K, es una constante cuyo valor es 2,96; α y β son coeficientes de ajuste (valores obtenidos en este estudio son $\alpha = 0,0012$ y $\beta = 0,27 \times 10^{-7}$) y D, es la dosis de radiación ionizante en mGy. Obteniéndose, por tanto:

$$\sqrt{MN} = 2,96 + 0,0012 \cdot D - 0,27 \times 10^{-7} \cdot D^2$$

con un error de $\pm 0,54$ para un intervalo de confianza del 95%.

Se aprecia una relación proporcional entre el número de MN y la dosis de radiación absorbida. A mayor dosis de radiación se observa un aumento estadísticamente significativo en la frecuencia de aparición de MN. La representación gráfica de la ecuación obtenida puede observarse en la Figura 2, en donde se representan los valores obtenidos y los esperados, en la aplicación de dicha ecuación.

Grupo II: Inducción de MN por rayos X

La frecuencia espontánea de aparición

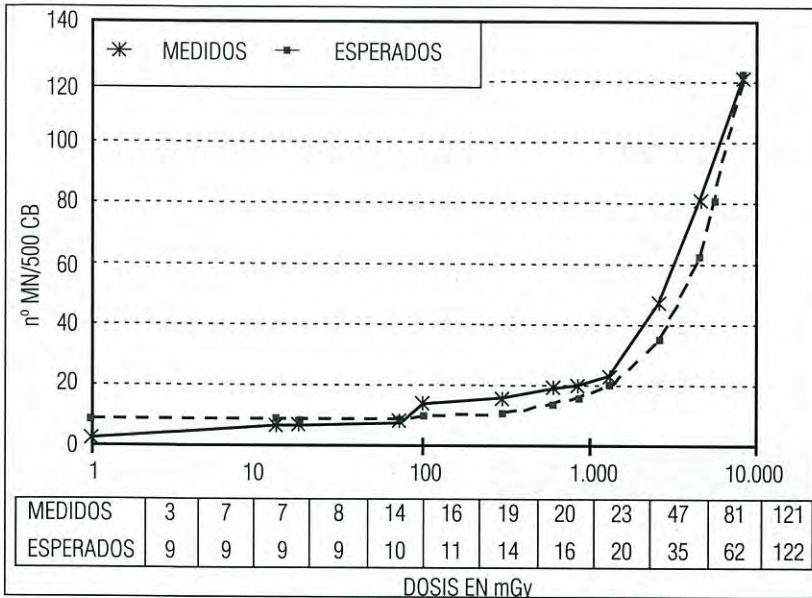


Figura 2. Micronúcleos inducidos por radiación gamma.

de MN en las muestras no irradiadas es de $4 \pm 0,3$ MN/500CB. La relación, entre el número total de MN y la dosis de radiación recibida, es estadísticamente significativa: El número de MN podría también calcularse ajustando el polinomio:

$$Y = K + \alpha \cdot D - \beta \cdot D^2$$

Obteniéndose, para este grupo, la ecuación de ajuste siguiente:

$$\sqrt{MN} = 2,17 + 0,025 \cdot D - 0,0001 \cdot D^2$$

con un error de $\pm 0,30$ para un intervalo de confianza del 95%. Se aprecia una relación ELQ entre la dosis de radiación y la frecuencia de aparición de MN. En la Figura 3 puede observarse los valores obtenidos y esperados en este grupo.

Análisis morfométrico

El análisis morfométrico muestra que el área media del MN es de 4,86 micrómetros cuadrados (Figura 4), que representa el 4,27% del área nuclear y sólo el 1,79% del área del linfocito CB.

DISCUSIÓN

Durante los últimos años se ha sugerido que el test de MN en linfocitos podría utilizarse como indicador biológico en casos de exposiciones a radiaciones ionizantes (18-22), sobre todo, tras las últimas modificaciones técnicas que recomiendan el estudio de los MN tras la primera división mitótica (13-26). El primer objetivo propuesto ha consistido en determinar una relación dosis-efecto entre la dosis de radiación y la frecuencia

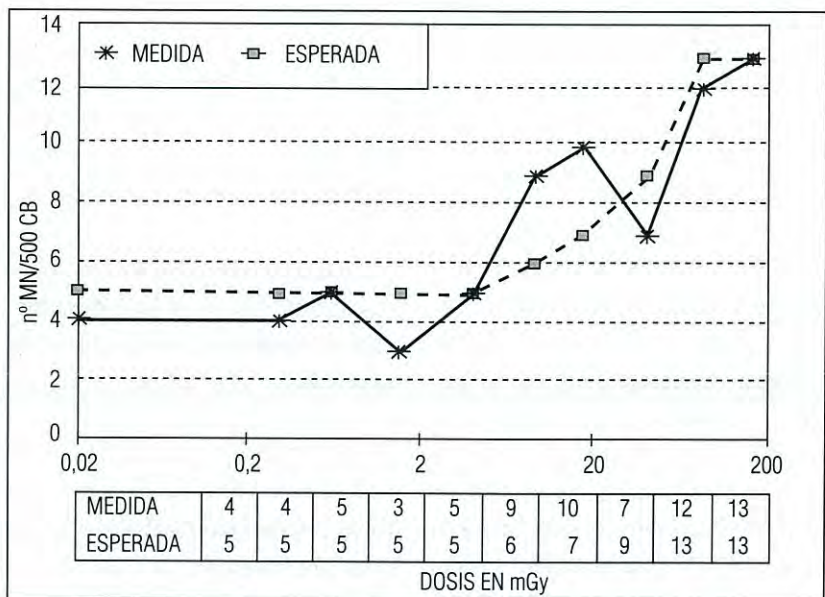


Figura 3. Micronúcleos inducidos por RX

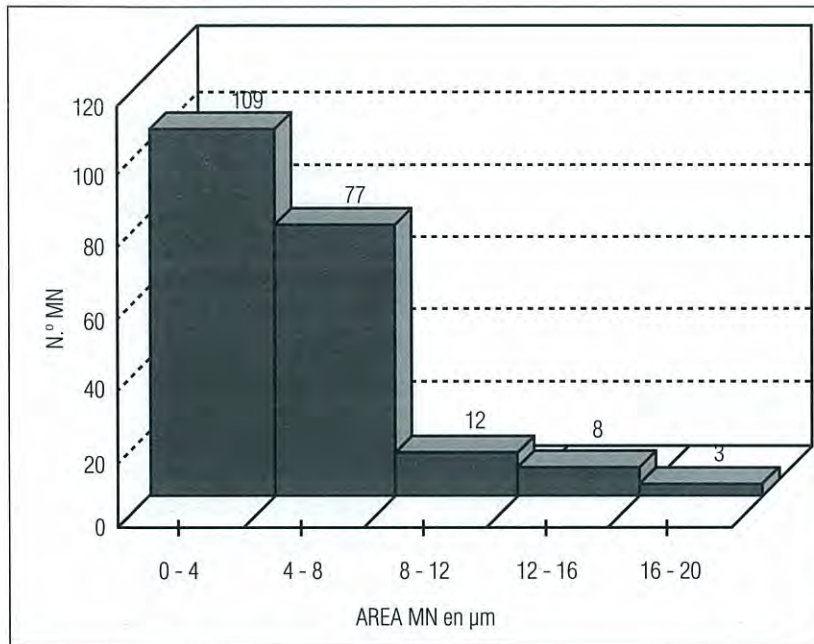


Figura 4. Area del micronúcleo radioinducido.

de MN. La relación observada es una Ecuación Lineal Cuadrática (ELQ) que muestra una fiabilidad o correlación alta para los grupos de linfocitos irradiados "in vitro" con radiación X (71%) y gamma (97%).

Otros autores también han descrito este tipo de relación en sus curvas dosis-efecto (26-29). En otras ocasiones, se ha descrito una relación lineal para un rango de 5-50 Gy en linfocitos humanos irradiados con rayos X (16, 24, 25). Sin embargo, en otros estudios, la relación observada parece que varía con la dosis de radiación, con el tipo de radiación utilizado (lineal para rayos X < de 100 kev), la eficacia biológica relativa (14), y con el tiempo de cultivo de los linfocitos (19).

En nuestro estudio los diferentes grados de relación entre los grupos irradiados con X y gammas puede poner de manifiesto que cuanto menor es la dosis de radiación empleada, que es el caso de los RX, menor es la frecuencia de MN obtenida y, por tanto, más difícil resulta obtener una determinación exacta o fiable. Por el contrario, con dosis de radiación mayores, caso de los irradiados con radiación gamma, se obtiene un mayor efecto y se puede determinar un rango de dosis fiable.

El segundo objetivo propuesto es determinar el límite inferior del test, que permitiría realizar una estimación de la dosis de radiación absorbida. Son escasos los estudios que describen experimentalmente el límite inferior de dosis de radiación

que el test de los MN con BC es capaz de poner de manifiesto. Frecuentemente se describen extrapolaciones teóricas de este límite de sensibilidad en función de dosis experimentales más elevadas.

Fenech y Morley (1986) (16) y Balasem y Ali (1991) (13) describen que dosis de 5 cGy de rayos X son claramente detectadas por el test sobre muestras irradiadas "in vitro". Para otros autores, este límite inferior se situaría en 10 cGy (26-30) 25 cGy (11-20) o 30 cGy (19). El problema para determinar el límite inferior de dosis de este test está en la determinación del punto de la curva que mantiene suficiente fiabilidad en la relación dosis-respuesta. En este sentido, algunos autores (13, 26, 30) han aportado sus datos que pueden ser de utilidad y que permiten su aplicación en nuestro estudio:

1º.- Para Kormos y Koteles (1988) (26) así como para Prosser y cols., (1988) (30), el límite inferior que podría estimarse en su curva dosis-respuesta es aquel en el que la frecuencia de MN en las muestras irradiadas es el DOBLE de la frecuencia espontánea en sus lotes no irradiados. Sus resultados sitúan en 10 cGy ese límite inferior estimable por el test.

2º.- Para Balasem y Ali (1991) (13) el límite inferior se situaría en el punto de la curva en que la frecuencia de MN de las muestras irradiadas corresponde a 3,5 veces la frecuencia espontánea de MN de las muestras no irradiadas. Sitúan en 5 cGy la dosis mínima de radiación que se podría estimar con la técnica actual.

Si se aplican estos dos criterios sobre las curvas obtenidas en nuestro trabajo, obtenemos el límite inferior de dosis que podemos estimar con los resultados obtenidos en este estudio. En las muestras irradiadas con RX, se obtendría un límite inferior de dosis de 4-7 cGy para el primer caso y de 16 cGy para el segundo, estas dosis se encuentran dentro del intervalo de dosis reales utilizadas en la experimentación.

En el grupo de muestras irradiadas por radiación gamma, se obtendría un límite inferior de 1,1 cGy para el primer caso y 8,6 cGy para el segundo. Pero, ambas, son sólo estimaciones obtenidas fuera de la dosis reales y son una extrapolación matemática de una relación obtenida con dosis más elevadas y que por ello suponen una mayor sensibilidad, cuando se extrapolan a dosis más bajas.

Sin embargo, aunque estos puntos se consideren las dosis que podrían determinarse con fiabilidad suficiente, son resultados obtenidos en exposiciones "in vitro" y su aplicabilidad en la práctica médica habitual, dentro del campo del radiodiagnóstico médico, puede suponer otras variables que pueden distorsionar la utilidad del test. Entre ellas, la irradiación "in vivo" produce un incremento menor de la frecuencia de MN que la irradiación "in vitro". Se ha atribuido a la diferente tasa de dosis realizada en ambas exposiciones (31), o la dilución del volumen sanguíneo irradiado en el organismo que discrimina el número de linfocitos irradiados analizados en la muestra obtenida.

Especial atención merece un factor determinante en la sensibilidad del test: la determinación de la frecuencia espontánea de MN en los linfocitos BC. En nuestro estudio, la frecuencia espontánea es de 0,007 MN/ célula BC en los cultivos no irradiados de linfocitos humanos. Esta frecuencia espontánea es prácticamente la mitad de la observada por diversos autores (13, 14, 19, 32), igual a la descrita por otros autores (23), e incluso el doble o el triple de la descrita en otros estudios (20, 24, 25, 33). La mayoría de los trabajos revisados realizan el recuento de MN sobre 500 células bloqueadas para minimizar estas diferencias (31). Sobre 500 BC, la frecuencia espontánea determinada en nuestros controles no irradiados está entre 3 y 4 MN/500 BC. Estos resultados, también se encuentran incluidos dentro de la franja de frecuencia descrita por los diferentes autores (10, 14, 24, 25, 27). En la actualidad, se pretende disminuir la frecuencia espontánea con el desarrollo técnico y metodológico del ensayo para conseguir aumentar la sensibilidad del test (17, 31, 34).

En definitiva, la dosimetría biológica puede tener un cierto número de aplicaciones interesantes en la actualidad. La más evidente sería la de los casos de accidentes radiológicos en ausencia de dosimetría física (14, 35). Pero, también, los tradicionales métodos de dosimetría física podrían ser complementados con los ensayos biológicos, por ejemplo, tras exposiciones parciales con el dosímetro fuera del campo de radiación. Si la variabilidad de las frecuencias detectadas se pudieran atribuir a la sensibilidad indivi-

dual, sería un método para la estimación del efecto biológico en accidentes mejor que la dosimetría física. Pudiera ser, de igual forma, un test objetivo para valorar la sensibilidad individual a radiaciones ionizantes para la selección del personal profesionalmente expuesto y podría considerarse útil su inclusión en la historia médica individual.

BIBLIOGRAFÍA

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Routine use of chromosome analysis in radiation protection. En *IAEA-TECDOC-224*. International Atomic Energy Agency, Vienna. 1979.
2. LLOYD D.C. y PURROT R.J. Chromosome aberration analysis in radiological protection dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry* 1981; 1: 19-28.
3. LLOYD D.C. Biological dosimetry in radiological protection: recent developments. *Journal Society Radiology Protection* 1984; 4, 5.
4. BAUCHINGER M. Cytogenetic effects in human lymphocytes as a dosimetry system. En: Eisert, W.S.; Mendelsohn, M.L., eds. *Biological dosimetry: Cytometric approaches to mammalian systems*. Berlin. Springer - Verlag 1984, p. 15-24.
5. FERNANDEZ J.L.; GOYANES V.; LOSADA C.; LOSADA G. y VEIRAS C. Valoración de daño cromosómico originado por una dosis de rayos X.



- Comparación de los análisis de cromosomas dicéntricos, micronúcleos e intercambio de cromátidas hermanas. *Radioprotección* 1993; 1: 5-16.
6. LATT. Microfluorometric detection of deoxyribonucleic acid replication in human metaphase chromosome. *Proc. National Academy Science* 1973; 70: 3395.
 7. PERRY P. y WOLFF S. New Giemsa method for the differential staining of sister chromatids. *Nature* 1974; 251: 156-158.
 8. SCARFI M.R., BERNASI F., COSSARIZZA A., MONTI D., ZENI O., LIOLI M.B., FRANCESCHETTI G., CAPRI M. y FRANCESCHI C. 50-Hz sinusoidal electric fields do not exert genotoxic effects (micronucleus formation) in human lymphocytes. *Radiation Research* 1993; 135: 64-68.
 9. D'AGOSTINI F., IZZOTTI A. y DE FLORA S. Induction of micronuclei in cultured human lymphocytes exposed to quartz halogen lamps and its prevention by glass covers. *Mutagenesis* 1993; 8: 87-89.
 10. GARAJ-VRHOAC V., FUCIC A., HORVAT D. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vivo. *Mutation Research* 1992; 281: 181-186.
 11. ALMASSY Z., KREPINSKY A.B., BIANCO A. y KOTELES G.J. The present state and perspectives of micronucleus assay technique in radiation protection. *Applied Radiation and Isotopes* 1987; 38: 241-249.
 12. FENECH M. The cytokinesis-block micronucleus technique: a detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations. *Mutation Research* 1993; 285: 35-44.
 13. BALASEM A.N. y ALI A.S. Establishment of dose-response relationship between doses of Cs 137 gamma rays and frequencies of micronuclei in human peripheral blood lymphocytes. *Mutation Research* 1991; 259: 133-138.
 14. KIM S.H., CHO C.K., KIM T.H., YOO S.Y., KOH K.H. y YUN H.G. Frequency of micronuclei in lymphocytes following gamma and fast neutron irradiations. *Anticancer Research* 1993; 13: 1587-1591.
 15. ALMASSY Z., KANYAR B. y KOTELES G.J. Frequency of micronuclei in X-irradiated human lymphocytes. *International Journal Radiation Biology* 1983; 49: 719-725.
 16. FENECH M. y MORLEY A.A. Cytokinesis block micronucleus method in human lymphocytes: effect of in vivo ageing and low dose X-irradiation. *Mutation Research* 1986; 161: 193-298.
 17. BAN S., DONOVAN M.P., COLOGNE J.B. y SAWADA S. Gamma ray and fission neutron induced micronuclei in PHA stimulated and unstimulated human lymphocytes. *Journal of Radiation Research* 1991; 32: 13-22.
 18. COUNTRYMAN P.I. y HEDDLE J.A. The production of micronuclei from chromosome aberrations in irradiated cultures of human lymphocytes. *Mutation Research* 1976; 41: 321-332.
 19. HUBER R., STRENG S. y BAUCHINGER M. The suitability of the human lymphocyte micronucleus assay system for biological dosimetry. *Mutation Research* 1983; 111: 185-193.
 20. KREPINSKY A.B. y HEDDLE J.A. Micronuclei as rapid and inexpensive measure of radiation induced chromosomal aberrations. En: *Radiation Induced Chromosomal Damage in Man* (Eds. Ishihara T. y Sasaki m.s.), Alan R. Liss Ins., New York, 1983, p. 93-109.
 21. HOGSTEDT B. Micronuclei in lymphocytes which preserve cytoplasm. A method for assessment of cytogenetic damage in man. *Mutation Research* 1984; 130: 63-72.
 22. NORMAN A., COCHRAN S., BASS D. y ROE D. Effects of age, sex and diagnostic X-rays on chromosome damage. *International Journal of Radiation Biology* 1984; 46: 317-321.

23. PINCU M., BASS D. y NORMAN A. An improved micronucleus assay in lymphocytes. *Mutation Research* 1984; 139: 61-65.
24. FENECH M. y MORLEY A.A. Measurement of micronuclei in lymphocytes. *Mutation Research* 1985; 147: 29-36.
25. FENECH M. y MORLEY A.A. The effect of donor age on spontaneous and induced micronuclei. *Mutation Research* 1985; 148: 99-105.
26. KORMOS C. y KOTELES G.J. Micronuclei in X-irradiated human lymphocytes. *Mutation Research* 1988; 199: 31-35.
27. EREXSON G.L., JLIGERMAN A.D., BRYANT M.F., SCONTAG M.R. y HALPERIN E.C. Induction of micronuclei by X-radiation in human, mouse and rat peripheral blood lymphocytes. *Mutation Research* 1991; 253: 193-198.
28. BETTEGA D., BOMBANA N., PELUCCHI T., POLI A., TALLONE LOMBARDI A. y FUHRMAN CONTI A.M. (1980). Multinucleate cells and micronucleus formation in cultured human cells exposed to 12 MeV protons and gamma rays. *International Journal of Radiation Biology* 1980; 37: 1-5.
29. KHADZMIDEDOVA V. Frecuency of micronuclei in lymphocytes in vitro gamma irradiated human peripheral blood. *Radiobiologia Radiotherapia* 1989; 30: 157-161.
30. PROSSER J.S., MOQUET J.E., LLOYD D.C. y EDWARDS A.A. Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. *Mutation Research* 1988; 199: 37-45.
31. GANTENBERG H.W., WUTTKE K., STREFFER C., MULLER W.U. Micronuclei in human lymphocytes irradiated in vitro or in vivo. *Radiation Research* 1991; 128: 276-281.
32. PROSSER J.S., MOQUET J.E., LLOYD D.C. y EDWARDS A.A. Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. *Mutation Research* 1988; 199: 37-45.
33. AGHAMOHAMMADI S.Z., HENDERSON L., COLE R.J. The human lymphocyte micronucleus assay. Response of cord blood lymphocytes to gamma irradiation and bleomycin. *Mutation Research* 1984; 130: 395-401.
34. WUTTKE K., STREFFER C. y MUELLER W.U. Radiation induced micronuclei in subpopulations of human lymphocytes. *Mutation Research* 1993; 286: 181-188.
35. BAN S., DONOVAN M.P., COLOGNE J.B., FUJITA S. y AWA A.A. Radiosensitivity of atomic bomb survivors as determined with a micronucleus assay. *Radiology Research* 1993; 134: 170-178.



COEFICIENTES DE DOSIS Y EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN POR INHALACIÓN DE POLVO CONTAMINADO. APLICACIÓN DE LOS NUEVOS MODELOS BIOCINÉTICOS DE LA C.I.P.R.

Este trabajo pretende proporcionar una base experimental que permita estimar los límites específicos de incorporación para las personas expuestas inadvertidamente a la exposición por inhalación de polvo procedente de los suelos de Palomares que resultaron contaminados por transuránidos a causa de un accidente de aviación. Fracciones respirables de polvo obtenido a partir de cuatro fracciones de suelo diferentes, con composiciones mineralógicas, químicas e isotópicas determinadas, se administraron a ratas mediante instilación intratraqueal, y se realizaron estimaciones de las cantidades de ^{239}Pu y ^{241}Am absorbido en la sangre durante 1 año después de la exposición.

G.N. Stradling*,
S.A. Hodgson*, A. Hodgson*,
T.P. Fell*, C.E. Irazo**,
A. Espinosa** y A. Aragón**

* National Radiological
Protection Board (NRPB),
Chilton, Didcot, Oxon, U.K.

** Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas (CIEMAT)

Se recomiendan coeficientes de dosis para la incorporación de dicho polvo y predicciones sobre la biocinética de estos actínidos en miembros del público, partiendo de los parámetros de absorción calculados a partir de los estudios realizados con animales conjuntamente con los datos humanos procedentes de los modelos biocinéticos más modernos publicados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR).

Se ha llegado a la conclusión de que los coeficientes de dosis más apropiados para adultos y niños de 10 y 1 año son $2,3 \cdot 10^{-5}$, $2,6 \cdot 10^{-5}$ y $4,8 \cdot 10^{-5}$ Sv Bq⁻¹ respectivamente.

Las estimaciones de incorporación de polvo mediante medidas externas de ²⁴¹Am en el tórax tendrán un valor limitado para evaluar las incorporaciones por los adultos, pero las medidas de ²³⁹Pu en orina son aconsejables si se realizan mediante métodos de espectrometría de masas o mediante trazas de fisión.

The aim of this work was to provide an experimental basis for assessing the appropriate limits on intake for humans inadvertently exposed by inhalation of contaminated dust resulting from the aviation accident at Palomares.

Respirable fractions of dusts obtained from four different soil fractions with defined mineralogical, chemical and isotopic composition were administered to rats by intratracheal instillation and assessments made of the amounts of ²³⁹Pu and ²⁴¹Am absorbed into blood up to 1y after exposure.

Recommendations for the dose coefficients for the dusts and predictions of the biokinetics of these actinides in members of the public were made by using the absorption parameters calculated from the animal studies in conjunction with human data from the most recent biokinetic models published by the International Commission on Radiological Protection (ICRP).

It is concluded that the most appropriate dose coefficients for adult members of the public, 10y old and 1yr old children are $2,3 \cdot 10^{-5}$, $2,6 \cdot 10^{-5}$ and $4,8 \cdot 10^{-5}$ Sv Bq⁻¹ respectively.

Assessments of intake of the dust by external measurements of ²⁴¹Am in the chest would be of limited value for assessing intakes by adults but measurements of ²³⁹Pu in urine could be used with advantage if fission track or mass spectrometric methods of analysis are used.

INTRODUCCIÓN

El 17 de enero de 1996 se produjo un accidente de aviación en el espacio aéreo de Palomares, situado en la provincia de Almería (España). Cuatro bombas termoneucleares cayeron, tres de ellas en tierra

y una en el mar Mediterráneo. En dos de las bombas fallaron sus paracaídas y, debido al impacto, se produjo su explosión convencional y la liberación e ignición de parte del material fisionable. Como consecuencia de ello se contaminaron 226 hectáreas de tierras agrícolas

y su vegetación. Desde el punto de vista del riesgo potencial para la salud de las personas, los radionucleidos más importantes eran plutonio-239+240 (referido en adelante como ²³⁹Pu) y americio-241 (²⁴¹Am). En los lugares donde los niveles de contaminación superficial alfa eran



superiores a $1,2 \text{ MBq m}^{-2}$, se eliminó el suelo hasta una profundidad de 10 cm, y se dispuso de él así como de su vegetación contaminada con la consideración de residuo radiactivo. El resto de la zona se regó y se aró hasta una profundidad de 30 cm, con el fin de diluir la radiactividad con suelo no contaminado antes de permitir su reutilización para la finalidad agrícola anterior.

Desde el accidente se han realizado amplios estudios sobre la correlación entre las concentraciones de ^{239}Pu y ^{241}Am en los suelos y su composición granulométrica, mineralógica y química (2, 3) y sobre las características de resuspensión de estos actínidos.

Se considera que la inhalación de partículas de polvo contaminadas es la principal vía de incorporación del ^{239}Pu y del ^{241}Am . Las estimaciones de la dosis de radiación para las personas que viven y trabajan en la zona de Palomares se han realizado mediante los datos obtenidos a partir de gran número de medidas de sus concentraciones en aire y en orina (5-7), pero deben realizarse estimaciones de su probable comportamiento *in vivo*. El trabajo que se describe en este artículo se diseñó con la finalidad de solucionar la posible discrepancia. En consecuencia, se efectuaron estudios biocinéticos de ^{239}Pu y ^{241}Am después de depositar en el pulmón de las ratas las fracciones de polvo respirable procedentes de distintas fracciones de suelo con una composición mineralógica y química determinada.

Teniendo en cuenta que este trabajo se ha realizado para mejorar las bases de estimación de dosis internas y la interpretación de los datos obtenidos mediante bioanálisis, se han considerado sus resultados en función de las recomendaciones más recientes efectuadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) sobre límites de dosis (8), modelos biocinéticos (9, 10) y coeficientes de dosis (11, 12) y mediante los códigos de cálculo diseñados para aplicar estos modelos (13,14).

El trabajo que aquí se describe está publicado con mayor detalle en otro artículo (15) y amplía, además de poner al día, los resultados de un estudio previo.

MATERIALES Y MODELOS

1. Preparación y análisis de muestras de polvo

Las muestras de suelo utilizadas se recogieron en noviembre de 1986 de un lugar próximo al punto de impacto de una de las bombas termonucleares fraccionadas (5). Esencialmente puede definirse como arena-limosa.

La composición mineralógica y química y el contenido en actínidos de las siguientes fracciones de tamaño de partículas

< 5, 5-10-20-40- 63-125-250-1000 μm

se han especificado previamente en otro artículo(3). Las fracciones < 5 μm (254Bq g^{-1}) y 125-250 μm (6390Bq g^{-1})

contenían las concentraciones menor y mayor de ^{239}Pu , mientras que la fracción 20-40 μm contenía la mayor abundancia (42%) de radionucleido. La relación de actividad entre ^{239}Pu y ^{241}Am en las diversas fracciones varían desde 5:1 a 20:1.

Los estudios de biocinética del ^{239}Pu y del ^{241}Am en ratas se redujeron a la fracción respirable natural del suelo (<5 μm) y los componentes respirables obtenidos de las fracciones del suelo correspondientes a los tamaños de partículas 125-250 μm y 20-40 μm ; los últimos se obtuvieron mediante molienda de dichas fracciones de suelo y sedimentación de las partículas mayores en una columna de etanol absoluto.

Los estudios autorradiográficos de los cuatro componentes mostraron que la actividad alfa estaba presente como partículas y formas dispersas (15, 16) debido, posiblemente, al proceso de sedimentación seco-húmedo.

2. Estudios animales

El componente respirable de las cuatro fracciones de polvo se administró a las ratas por instilación intratraqueal (15). El objetivo de estos estudios era determinar los parámetros de absorción de ^{239}Pu desde los pulmones a la sangre durante un periodo de 1 año. Con el fin de obtener esta información, el depósito inicial apropiado en el pulmón podía alcanzarse solamente mediante administraciones repetidas del polvo durante un periodo de 5 días. Aunque era probable que los depósitos resultantes produjeran desi-

TABLA 1. Retención en pulmones y absorción de ^{239}Pu y ^{241}Am por instilación intratraqueal

| Días | Actinido | % depósito inicial en pulmones (\pm SE) ^a | | | |
|------|----------|---|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | <5 μm | | 125-250 μm | |
| | | Pulmones | A sangre | Pulmones | A sangre |
| 7 | Pu | 68,0 \pm 3,4 | 3,40 \pm 0,33 | 70,0 \pm 4,3 | 0,52 \pm 0,05 |
| 28 | Pu | 63,9 \pm 3,8 | 4,97 \pm 0,37 | 60,5 \pm 3,6 | 0,81 \pm 0,09 |
| | Am | 59,6 \pm 4,2 | 8,46 \pm 1,00 | 59,8 \pm 4,0 | 1,34 \pm 0,16 |
| 84 | Pu | 60,0 \pm 5,1 | 5,95 \pm 0,71 | 51,8 \pm 3,0 | 1,60 \pm 0,26 |
| 168 | Pu | 50,1 \pm 4,1 | 6,41 \pm 0,80 | 40,9 \pm 2,9 | 2,34 \pm 0,35 |
| | Am | 44,8 \pm 2,9 | 11,3 \pm 1,50 | 38,7 \pm 3,5 | 3,81 \pm 0,57 |
| 252 | Pu | 40,5 \pm 2,3 | 6,63 \pm 0,66 | 30,2 \pm 2,7 | 2,76 \pm 0,38 |
| 365 | Pu | 31,5 \pm 2,4 | 6,99 \pm 0,57 | 24,6 \pm 2,8 | 3,45 \pm 0,46 |
| | Am | 26,6 \pm 2,6 | 13,6 \pm 1,60 | 21,8 \pm 3,1 | 5,72 \pm 0,95 |

a: Media \pm error estándar, número de animales por grupo = 6

ILD <5 μm ^{239}Pu 6,18 \pm 0,23 Bq, ^{241}Am 1,23 \pm 0,04 Bq

ILD 125-250 μm ^{239}Pu 14,5 \pm 0,7 Bq, ^{241}Am 2,68 \pm 0,23 Bq

guales eliminaciones desde los pulmones, la evidencia disponible sugiere que los parámetros de absorción no estarán muy afectados. Estudios con otros polvos determinados han mostrado también que los parámetros de absorción obtenidos mediante la instilación son muy similares a los obtenidos mediante inhalación.

Los estudios experimentales mostraron que las formas más y menos transportables de ^{239}Pu y ^{241}Am estaban presentes en la fracción < 5 μm y en el componente respirable derivado de la fracción del suelo con tamaño entre 125 y 250 μm . Por ello, solamente estos

datos y los de estos materiales son especificados en este artículo. El diámetro aerodinámico medio activo (AMAD) y la desviación geométrica estandar (δg) de los aerosoles generados a partir de las resuspensiones fueron 1,86 μm (δg 1,53) y 1,52 μm (δg 1,59) respectivamente.

La cinética de la retención pulmonar de ^{239}Pu y ^{241}Am así como las cantidades absorbidas en la sangre después de matar a grupos de ratas en periodos diversos de hasta 1 año, a partir de la exposición, se muestran en la tabla 1. Las cantidades que han pasado a sangre se calcularon a partir de la retención de

estos actínidos en órganos y tejidos de la rata mediante la utilización de factores proporcionales determinados en estudios suplementarios (15, 16). Es digno de mención que a un determinado tiempo después de la exposición, las cantidades de ^{241}Am absorbidas son de 1,5 a 2 veces superiores a las de ^{239}Pu .

3. Interpretación y datos experimentales

El protocolo utilizado para evaluar los coeficientes de dosis para el polvo e interpretar los resultados de datos humanos se muestra en la figura 1. Un elemento clave en este protocolo es el código de calculo PLEIADES (14) (Program


TABLA 2. Parámetros de absorción para ^{239}Pu y ^{241}Am

| Parámetros del modelo | <5 μm | | 125-250 μm | | Tipo S |
|-----------------------|------------------|------|-----------------------|-------|--------|
| | Pu | Am | Pu | Am | |
| S_p | 4,2 | 8,2 | 0,43 | 0,71 | 0,1 |
| S_{pt} | 95,8 | 91,8 | 99,60 | 99,20 | 100,00 |
| $S \cdot 10^{-4}$ | 2,0 | 3,9 | 2,1 | 3,50 | 1,00 |

S_p, S_{pt} y S_f son las tasas de distribución inicial, de transformación y final, respectivamente.

for **LinEar** Internal **Age-dependent** NRPB, ha sido utilizado recientemente
DosES. Este código, desarrollado en el por la CIPR para derivar los coeficientes

de dosis para trabajadores (11) e individuos del público (12). También será utilizado en la revisión de la publicación 54 de la CIPR. El código aplica el nuevo modelo dosimétrico de la CIPR para el tracto respiratorio; los modelos biocinéticos más recientes para Pu y Am; y la dosimetría dependiente de la edad. Estas aplicaciones se han beneficiado de un alto nivel de control de calidad a través de intercomparaciones llevadas a cabo entre NRPB, Oak Ridge National Laboratory e Institute für Strahlenhygiene, Munich.

TABLA 3. Coeficientes de dosis para miembros del público (1 μm AMAD)

| Edad | Coeficientes de dosis $\text{Sv Bq}^{-1} 10^{-5}$ | | Polvos ^b |
|--------------------------------|---|-----|---------------------|
| | Componentes del polvo | | |
| | Pu | Am | |
| fracción <5 μm | | | |
| Adultos | 2,3 | 2,6 | 2,3 |
| Chicos (10y) | 2,5 | 2,8 | 2,6 |
| Niños (1y) | 4,7 | 5,4 | 4,8 |
| fracción 125-250 μm | | | |
| Adultos | 1,9 | 2,0 | 1,9 |
| Chicos (10y) | 2,1 | 2,2 | 2,1 |
| Chicos (1y) | 4,2 | 4,3 | 4,2 |
| compuestos Tipo S ^c | | | |
| Adultos | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Chicos (10y) | 1,9 | 1,9 | 1,8 |
| Niños (1y) | 3,9 | 4,0 | 3,8 |

La eliminación de los pulmones, en el modelo del tracto respiratorio (10, 12) está representada por la competición entre el transporte de partículas al tracto gastrointestinal y a los nódulos linfáticos asociados a los pulmones, y la absorción en la sangre (10, 12). La absorción en la sangre depende del material pero se supone que es independiente de la especie de mamíferos. Por otra parte, el depósito de partículas y la eliminación es independiente del material pero depen-

diente de las especies; las características del depósito dependerán del tamaño de las partículas (10,12). Se supone que todos los parámetros de eliminación del pulmón son independientes de la edad y el sexo (12). Después de la absorción en la sangre a partir de los pulmones, la distribución sistémica y la excreción depende de las especies y de la edad pero se considera que es independiente de la forma química de los radionucleidos incorporados.

Con la finalidad de interpretar los resultados de este estudio, los datos utilizados en el código de calculo PLEIADES (14) combinaban parámetros de absorción derivados de estudios animales con la información sobre el depósito de partículas, la eliminación del modelo del tracto respiratorio (12), la distribución en tejidos y la excreción considerada en los modelos biocinéticos más recientes para el ^{239}Pu y el ^{241}Am (9). Los parámetros de absorción derivados de experimentos con animales utilizando el código de calculo GIGAFIT (15) (**G**raphically **I**nteractive **G**eneral **A**lgorithm for **F**ITing), expresado en la terminología normalmente usada por CIPR (10-12) y compatible con PLEIADES (14), se muestran en la tabla 2. Estudios detallados sobre la distribución del tamaño de partículas del polvo contaminado con actínidos de Palomares serán llevados a cabo bajo los auspicios del Cuarto Programa Estructural de la CEC. Para la finalidad de este artículo se ha utilizado como valor de referencia un AMAD de $1\ \mu\text{m}$ para miembros del público (12). En vista de la pequeña transportabilidad del

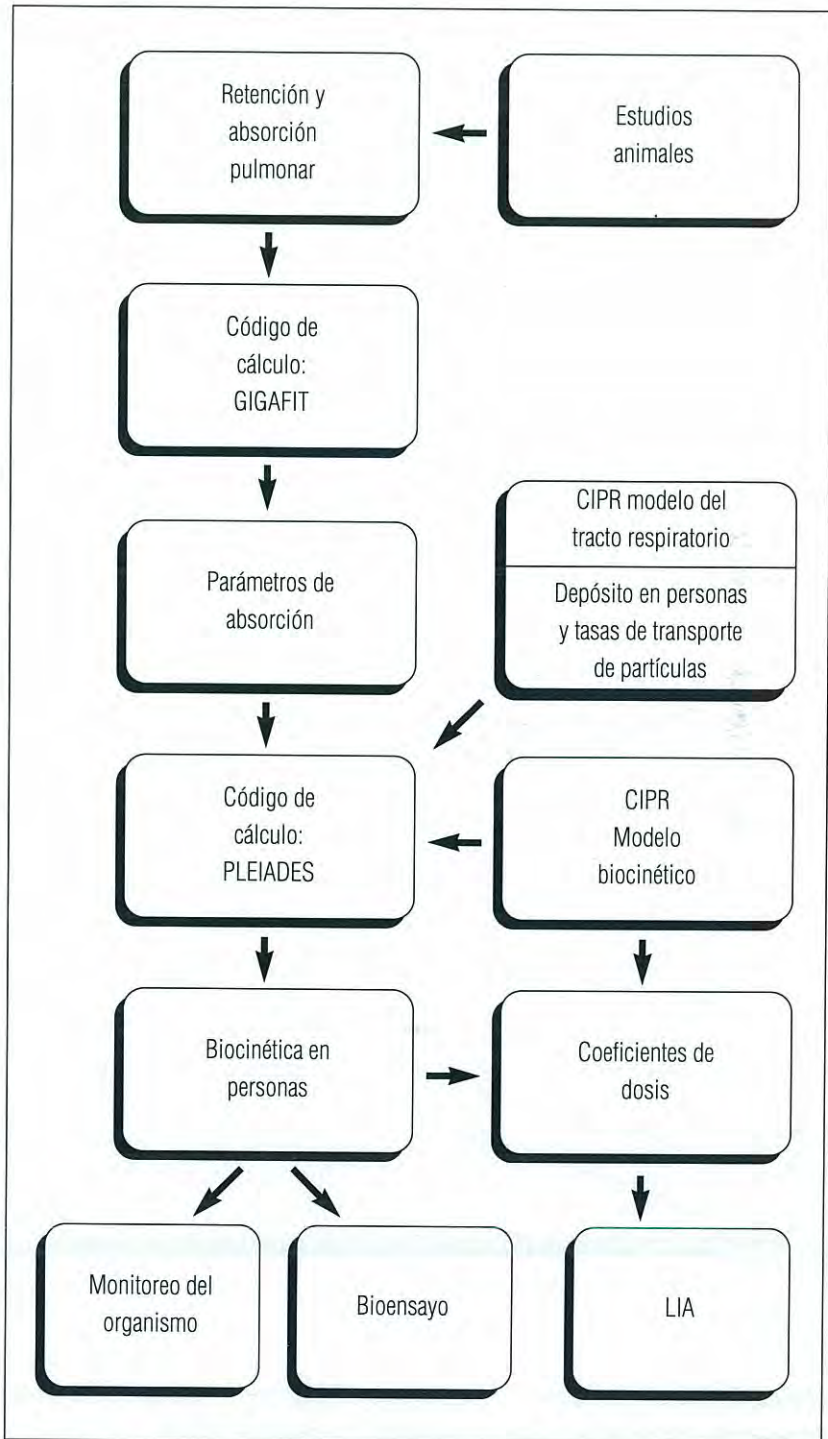


Figura 1. Protocolo para estimar las consecuencias en las personas, basado en los estudios animales

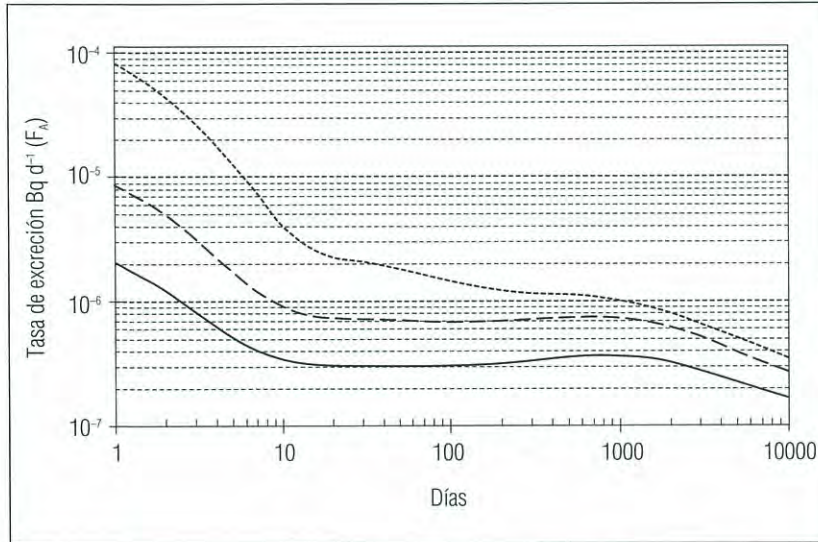


Figura 2. Excreción urinaria de ^{239}Pu a partir de la incorporación aguda de polvo por los adultos. Tamaño de partículas $1\ \mu\text{m}$ (AMAD), incorporación $1\ \text{Bq}$.

^{239}Pu y del ^{241}Am que se ha deducido de los estudios animales, los valores de f_1 utilizados por defecto para la absorción desde el tracto gastrointestinal son los

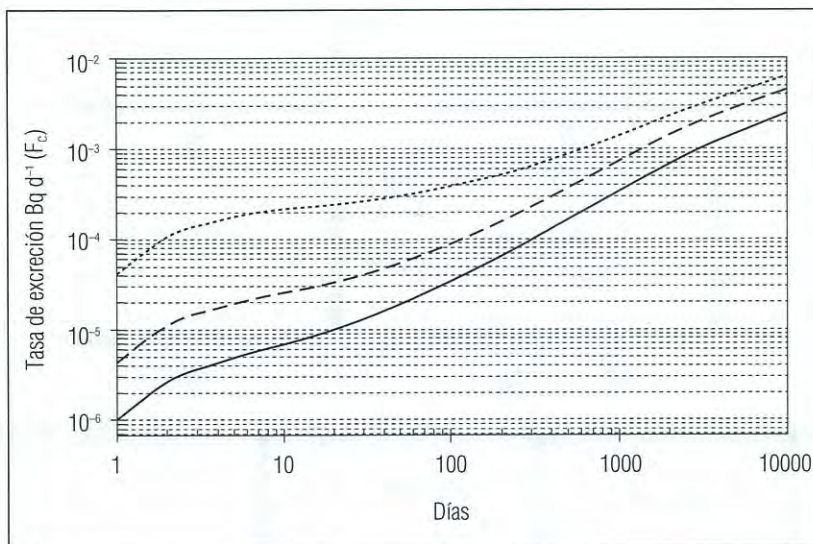


Figura 3. Excreción urinaria de ^{239}Pu a partir de la incorporación crónica de polvo por los adultos. Tamaño de partículas $1\ \mu\text{m}$ (AMAD), incorporación $1\ \text{Bq d}^{-1}$.

Nota: Curvas obtenidas utilizando los parámetros de absorción derivados de fracción $<5\ \mu\text{m}$ (...). Componente respirable de la fracción $125\text{--}250\ \mu\text{m}$ (---) y compuestos tipo S (—).

correspondientes para compuestos tipo S (12).

3 IMPLICACIONES PARA LA EXPOSICIÓN HUMANA

1. Coeficientes de dosis y límites de incorporación

Los coeficientes de dosis predichos para miembros adultos del público, chicos de 10 años y niños de 1 año se muestran en la tabla 3; también se incluyen en ella, para comparación, los valores para compuestos Tipo S. Debe tenerse en cuenta que los coeficientes de dosis para el polvo están basados en la relación actual de 5:1 entre ^{239}Pu y ^{241}Am . Estos datos y la estimación de la incorporación debería revisarse si estas relaciones fueran apreciablemente distintas, por ejemplo, en el periodo posterior al incidente. Los coeficientes de dosis tienen tres características dignas de atención. Primera, para cada grupo de exposición los valores para las fracciones de polvo $<5\ \mu\text{m}$ y $125\text{--}250\ \mu\text{m}$ difieren solamente en un 25%. Segunda, para cada polvo el rango de valores para los diversos grupos de exposición es inferior al triple. Tercero, para cada grupo de exposición, los valores calculados son inferiores al doble de los correspondientes a los compuestos de Tipo S. Con fines de protección radiológica sería pertinente utilizar los valores más restrictivos, por ejemplo, para la fracción $<5\ \mu\text{m}$. De la tabla 3 puede deducirse que las cantidades de radiactividad inhaladas que serían equivalentes al límite de dosis, $1\ \text{mSv a}^{-1}$, son $43\ \text{Bq}$, $38\ \text{Bq}$ y 21

Bq para adultos, chicos y niños respectivamente; el 83% de estas cantidades son debidas al ^{239}Pu (suponiendo que la relación ^{239}Pu a ^{241}Am es 5:1).

2. Estimación de la incorporación

Para la estimación de la incorporación de polvo existen dos posibilidades, medida externa de ^{241}Am en el pecho o análisis de ^{239}Pu en orina. Para la finalidad de este artículo se ha tenido en consideración solamente a los miembros adultos del público. La biocinética predicha para el ^{241}Am en los pulmones sugiere que las medidas externas tendrán un valor prácticamente limitado (16). Las cantidades mínimas detectables a partir de una exposición aguda corresponderían a una tasa de dosis efectivas comprometidas superiores a 7 mSv a^{-1} , mientras que la incorporación crónica a una tasa que corresponda a una dosis de 12 mSv a^{-1} no sería detectable hasta por lo menos 500 días después del comienzo de la exposición (15).

La excreción urinaria diaria de ^{239}Pu predicha para la incorporación aguda de 1 Bq está representada en la figura 2 y la correspondiente a una incorporación crónica de 1 Bq d^{-1} se encuentra en la figura 3. Estas figuras pueden utilizarse para calcular las incorporaciones y, en consecuencia, las dosis a partir de las concentraciones de ^{239}Pu medidas en orina. Alternativamente, la limitación del método puede deducirse mediante las expresiones

$$\text{AMD} = F_1 I_1 \text{ ó } \text{AMD} = F_1 I_2$$

donde AMD es la actividad mínima detectable expresada en Bq o en Bq d^{-1} , I_1 e I_2 son incorporaciones expresadas en (Bq) o tasas de incorporación (Bq d^{-1}) y F_1 y F_2 son factores variables que relacionan estos parámetros. La intersección del valor calculado de F_1 o F_2 con la curva apropiada dará el intervalo en el que pueden estimarse las incorporaciones agudas o el intervalo para el que pueden averiguarse las incorporaciones crónicas. La AMD tiene una importancia esencial en estos dictámenes. Para análisis de orina, utilizando separaciones químicas y espectrometría alfa, el valor de la AMD es $\sim 5 \cdot 10^{-4} \text{ Bq l}^{-1}$ (18). Para la realización de los análisis mediante la técnica de trazas de fisión el valor de dicha AMD es $2 \cdot 10^{-5} \text{ Bq l}^{-1}$ pero se tiene la idea de que podría conseguirse un valor de $4 \cdot 10^{-7} \text{ Bq l}^{-1}$. La AMD por espectrometría de masas es $4 \cdot 10^{-7} \text{ Bq l}^{-1}$ (18) pero nuevos desarrollos en esta técnica han permitido reducirlo en un orden de magnitud (J. Kelly, Battelle Pacific Northwest Laboratory, comunicación personal, 1996). Con el fin de poder comparar se indica que el nivel medio del fondo de ^{239}Pu en orina debido al poso radiactivo es $3 \cdot 10^{-6} \text{ Bq l}^{-1}$ (18). Para los fines de este artículo se ha supuesto que la AMD corresponde a la excreción urinaria de 24 horas.

De la figura 2 puede deducirse que incorporaciones agudas de la fracción respirable de polvo ($< 5 \mu\text{m}$) equivalentes a una dosis efectiva comprometida de 1 mSv (por ejemplo, $35,8 \text{ Bq}$ de ^{239}Pu para adultos) podría identificarse mediante la utilización de espectrometría alfa ($\text{AMD} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Bq d}^{-1}$, $I_1 = 35,8 \text{ Bq } ^{239}\text{Pu}$, $F_1 = 1,4 \cdot 10^{-5}$), solamente durante 1 semana des-

pues de la incorporación. Para una AMD de $2 \cdot 10^{-5} \text{ Bq d}^{-1}$, conseguida mediante trazas de fisión, tal incorporación podría identificarse, en principio, hasta varios años después ($F_1 = 5,6 \cdot 10^{-7}$). Sin embargo, para el polvo menos transportable (fracción de $125\text{-}250 \mu\text{m}$) este intervalo se reduciría hasta unas pocas semanas. La utilidad de los análisis de orina para otras incorporaciones específicas de polvo y valores de AMD puede determinarse a partir de la figura 2 y recalculando el valor de F_1 .

A partir de la figura 3 puede deducirse que incorporaciones crónicas equivalentes a una dosis de 1 mSv a^{-1} no pueden identificarse mediante la utilización de la espectrometría alfa en los análisis de orina hasta unos 30 años después de la iniciación de la exposición ($\text{AMD} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Bq d}^{-1}$, incorporación $35,8 \text{ Bq a}^{-1}$ ó $0,098 \text{ Bq d}^{-1}$, $F_1 = 5,1 \cdot 10^{-3}$). Sin embargo, un valor diez veces superior podría identificarse dentro de un periodo de 200 días. En contraste, el análisis de trazas de fisión sería capaz de identificar incorporaciones crónicas de $35,8 \text{ Bq a}^{-1}$ durante unas pocas semanas ($F_1 = 2 \cdot 10^{-4}$) y una sensibilidad bastante mayor podría conseguirse mediante espectrometría de masas.

Agradecimientos

Este artículo está basado en un programa de colaboración entre NRPB y CIEMAT. Ha sido parcialmente financiado por la Comisión de Comunidades Europeas bajo el contrato F13P-CT920064a. Estamos en deuda con la



asistencia científica y técnica proporcionada por A. Phipps, J.C. Pellow, A. Birchall, M. Ellender, E. Rance, I. Buen y M. Pearce.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mettler, F A, Kelsey, C A, Ricks, R C, (Eds). Chapter IV. The Palomares Accident. IN *Medical Management of Radiation Accidents*. Boca Raton, CRC Press, pp 53-65 (1990).
2. Iranzo, E, Mingarro, E, Salvador, S, Iranzo, C E, and Rivas, P. Geochemical distribution of plutonium and americium in Palomares soil. IN *Proceedings of Seminar on the Cycling of Long-Lived Radionuclides in the Biosphere: Observations and Models*, Madrid, September 1986. Madrid, CIEMAT, Volume II, pp 392-419 (1987).
3. Iranzo, E, Rivas, P, Mingarro, E, Marin, C, Espinosa, M A, and Iranzo, C E. Distribution and migration of plutonium in soils of an accidentally contaminated environment. IN *Proceedings 2nd International Conference on Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere*, Monterey, November 1989. *Radiochim. Acta* 52/53, 249-256 (1991).
4. Iranzo, E, Espinosa, A, and Martinez, J. Resuspension in the Palomares area of Spain: a summary of experimental studies. *J. Aerosol Sci.* 25, 833-841 (1994).
5. Iranzo, E, Salvador, S, and Iranzo, C E. Air concentrations of ^{239}Pu and ^{240}Pu and potential radiation doses to persons living near Pu-contaminated areas in Palomares, Spain. *Health Phys.* 52, 453- 461 (1987).
6. Gutierrez, J, Iranzo, C E, Espinosa, A, and Iranzo, E. Spanish experience in intervention at an accidentally contaminated site. IN *Remediation and Restoration of Radioactive-contaminated sites in Europe*. Antwerp, Belgium, October 1993.
7. Iranzo, E, Espinosa, A, and Iranzo, C E. Dose estimation by bioassay for population involved in an accident with plutonium release. Presented at Second Conference on Radiation Protection and Dosimetry, Orlando, 1988. IN *Summary Report on the Palomares Surveillance Program*. Madrid, CIEMAT (in press).
8. International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP*, 21, Nos 1-3. Oxford: Pergamon Press (1991).
9. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 2, Ingestion Dose Coefficients. ICRP Publication 67. *Ann. ICRP*, 23, No 3/4. Oxford: Elsevier Science Ltd (1993).
10. International Commission on Radiological Protection. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66. *Ann. ICRP*, 24, Nos 1-3. Oxford: Elsevier Science Ltd (1994).
11. International Commission on Radiological Protection. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers; replacement of ICRP Publication 61. ICRP Publication 68. *Ann. ICRP*, 24, No 4. Oxford: Elsevier Science Ltd (1994).
12. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides. Part 4: Inhalation Dose Coefficients. ICRP Publication 71. *Ann. ICRP* 25 No. 3/4. Oxford: Elsevier Science Ltd (1995).
13. Birchall, A, Bailey, M R, and Jarvis, N S. Application of the new ICRP respiratory tract model to inhaled plutonium nitrate using experimental biokinetic data. In: *Proc. Int. Conf. On Radiation Dose Management in the Nuclear Industry*, Windermere, UK, Oct 9-11 pp216-223 (1995).
14. PLEIADES: Program for LinEar Internal Age-dependent Doses. NRPB report in preparation.
15. Stradling, G N, Hodgson, S A, Hodgson, A, Phipps, A, Fell, T P, Moody, J C, Pellow, P, Rance, E, Buen, I, Pearce, M, Iranzo, E, Espinosa, A and Aragon, A. Dose coefficients and assessment of intake after inhalation of contaminated

dusts from Palomares. Chilton, NRPB-M692 (1996).

16. Stradling, G N, Gray, S A, Moody, J C, Hodgson, A, Ellender, M, Phipps, A, Pearce, M, Wilson, I, Iranzo, C E, Rivas, P, Espinosa, A, Aragon, A, and Iranzo, E. Biokinetics of plutonium-239 and americium-241 in the rat after the pulmonary deposition of contaminated

dust obtained from soil samples at Palomares: Implications for human exposure. Chilton, NRPB-M444 (1991).

17. International Commission on Radiological Protection. Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Implementation. ICRP Publication 54. Ann. ICRP 19, Nos. 1-3. Oxford: Pergamon Press (1988).

18. Boecker, B, Hall, R, Inn, K, Lawrence, J, Ziemer, P, Eisele, G, Wachholz, B and Burr, W. Current studies of bioassay procedures to detect and quantify previous exposures to radioactive materials. Health Phys. 60 Sup. 1, 45-100 (1991).





CHERNOBIL. PANORAMA DEL PROGRAMA CUBANO CON NIÑOS DE ÁREAS AFECTADAS POR EL ACCIDENTE

En mayo de 1990, Cuba puso en funcionamiento un plan para la atención de niños de áreas afectadas por el accidente de Chernobil, con el objetivo principal de brindar atención médica especializada y desarrollar un plan sanatorial de rehabilitación. En sus primeros cinco años de trabajo en este programa se han atendido más de 15.000 niños y adultos. En el artículo se explican los orígenes del plan, su funcionamiento y se muestran sus principales resultados médicos, dosimétricos y de evaluación de impacto sobre la salud.

Omar García,
Raciel Llanes*

Centro de Protección e
Higiene de las
Radiaciones.
18-A esq. 43 AP 6094.
Playa C. Habana. Cuba.
*Hospital Pediátrico
Tarará. C. Habana. Cuba.

In May 1990, Cuba set up a programme for the care of children from the areas affected by the Tchernobyl accident, with the main aim of offering specialized medical assistance and developing a hospital-based rehabilitation programme. Over its first five years, this programme has tended care for over 15,000 children and adults. The paper explains the origins of the programme and its working, and shows the main medical, dosimetric and impact-on-health results.

ORÍGENES

A finales de los años 80, organizaciones sociales de la ex Unión Soviética hicieron un llamamiento a la comunidad científica internacional con miras a lograr un apoyo efectivo para la atención médica de personas que habitaban áreas afectadas por el accidente de Chernobil. Respondiendo a esta llamada, el Gobierno cubano decidió crear un programa para la atención a niños que habitaban en dichas áreas, el cual comenzó a funcionar en mayo de 1990 bajo la dirección del Ministerio de Salud Pública de Cuba y con la asesoría de la Secretaría Ejecutiva para Asuntos Nucleares, actualmente Agencia de Energía Nuclear del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Objetivos

El objetivo fundamental del programa es brindar atención médica altamente especializada y desarrollar, en un ambiente apropiado, un plan sanatorial de rehabilitación, con acciones integrales de salud. Para ello se seleccionó, como sede principal del programa, un campamento infantil de verano, situado en la playa de Tarará, al este de la capital cubana. Esta instalación, de 11 km cuadrados y que toma el nombre de la playa en que se encuentra, posee 504 residencias, hospitales, clínicas estomatológicas, parque de ambulancias, centro de elaboración de alimentos, teatro, parque de recreación, 2 km de playa, escuelas y todas las comodidades adicionales necesarias para cumplimentar los objetivos propuestos.

TABLA 1: Total de niños por año según grupo de clasificación clínica

| Año | Grupos | | Total |
|--------------|-------------|------------|-------|
| | I, II, III | IV | |
| 1990 | 2191 (83%) | 449 (17%) | 2640 |
| 1991 | 4328 (77%) | 1293 (23%) | 5621 |
| 1992 | 2256 (86%) | 374 (14%) | 2630 |
| 1993 | 1046 (96%) | 44 (4%) | 1090 |
| 1994 | 684 (93%) | 54 (7%) | 738 |
| Total | 10505 (83%) | 2214 (17%) | 12719 |

SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS CASOS

Los primeros casos que se atendieron en el programa fueron seleccionados, en coordinación con las autoridades sanitarias locales, por equipos cubanos, compuestos fundamentalmente por especialistas en pediatría, hematología y endocrinología, que viajaron a los territorios afectados desde nuestro país. Posteriormente, la selección se continuó realizando bajo el mismo principio de coordinación, pero por médicos cubanos que comenzaron a residir en la zona para ejecutar este proceso y darle seguimiento a los casos que regresaban de Cuba.

El proceso de selección incluye un examen clínico del paciente, la valoración de su posible tratamiento o rehabilitación en Cuba y su clasificación en uno de los siguientes cuatro grupos:

Grupo I: Niños con afecciones oncohematológicas y enfermedades graves.

Grupo II: Niños con diversas patologías que requieren hospitalización desde su llegada a Cuba, pero que no son considerados graves.

Grupo III: Niños con patologías susceptibles de tratamiento ambulatorio.

Grupo IV: Niños relativamente sanos.

La relación de pacientes atendidos por años, según los grupos de clasificación

TABLA 2: Cantidad de casos atendidos según el país de procedencia

| País | Número de casos atendidos | | |
|---------|---------------------------|---------|-------|
| | niños | adultos | total |
| Ucrania | 9289 | 1955 | 11243 |
| Rusia | 2715 | 213 | 2928 |
| Belarús | 671 | 59 | 730 |
| Brasil* | 34 | 19 | 53 |

*Los casos de Brasil corresponden a personas relacionadas con el accidente de Goiânia.



descritos, aparecen en la tabla 1. Lo más significativo en la misma es la reducción, a partir de 1993, del número de niños pertenecientes al grupo IV.

En la tabla 2 se muestra la cantidad de casos recibidos, hasta diciembre de 1994, según el país de procedencia. En dicha tabla no aparecen incluidos 9 niños y 2 adultos de Armenia que recibieron tratamiento ortopédico en Cuba gracias a este plan, y un adulto y un niño de Moldavia.

ORGANIZACIÓN DE LA ATENCIÓN MÉDICA

Al llegar a la isla, los niños son recibidos en el aeropuerto por las autoridades de salud de Tarará, lugar en el que transcurre la primera semana de estancia, durante la cual se realiza la historia clínica de cada caso y se dispensarizan a los niveles de atención primario, secundario y terciario.

El nivel primario que atiende a los niños de los grupos III y IV, se ejecuta en las instalaciones de Tarará. Está organizado bajo el sistema cubano del médico de la familia que en esta variante presupone la atención de 50 niños por un médico y una enfermera. La atención primaria, según las características de los niños, la jerarquizan los sectores de atención médica especializada (SAME), que poseen los especialistas, psicólogos, enfermeras y el resto del personal necesario para ejecutar sus actividades. Existen en la actualidad cuatro SAME, para las siguientes especialidades: Oncohematología,

Dermatología, Aislamiento y Tratamiento Sanatorial. En este nivel se realiza la atención estomatológica integral, las investigaciones complementarias necesarias y la rehabilitación de niños sometidos a procedimientos médicos de alto riesgo como trasplante de órganos, intervenciones cardiovasculares y otras.

El nivel secundario atiende a los niños del grupo II. Se ejecuta en las instalaciones hospitalarias de Tarará, que poseen 350 camas de internamiento y el personal necesario para su atención. Este nivel cuenta con la colaboración de los hospitales pediátricos universitarios "William Soler" y "Juan M. Márquez" para la atención de los niños y del Hospital C.Q. Hermanos Ameijeiras en la atención de adultos.

El nivel terciario realiza los procedimientos médicos de alta complejidad en los casos del grupo I o de otros grupos que lo requieran.

Entre las instituciones de alto nivel científico de Cuba que participan se destacan, además de los antes mencionados, el Instituto de Hematología e Inmunolo-

gía, el Instituto de Endocrinología y el Cardiocentro del Hospital "William Soler".

La estancia en la isla de los niños de los grupos III y IV fue programada para un mínimo de 45 días durante los años 90 y 94, pudiendo ser mucho mayor para niños de los grupos I y II. En la actualidad, la estancia de los niños en Tarará es de aproximadamente 60 días.

PRINCIPALES RESULTADOS DEL PROGRAMA DE ATENCIÓN MÉDICA

Los padecimientos más frecuentes tratados en los 8.692 niños ucranianos de los grupos II, III y IV que habían concluido su tratamiento en 1994 aparecen en la tabla III.

En el nivel de atención médica terciaria se destaca el tratamiento de:

- 291 pacientes con afectaciones hematológicas, de ellas, 121 leucemias, 6 trasplantes de médula ósea, 1 síndrome dismielopoyético, 6 anemias aplásticas, 14 púrpuras trombocitopénicas hepáticas y 3 hemofílicos.

TABLA 3: Padecimientos más frecuentes en niños ucranianos

| Padecimientos más frecuentes | Número (%) |
|---------------------------------------|------------|
| - Pacientes afectados por caries | 7592 (85) |
| - Enfermedades endocrinas | 5132 (59) |
| - Enfermedades digestivas | 5010 (58) |
| - Adenopatías | 2797 (30) |
| - Enfermedades otorrinolaringológicas | 2549 (29) |
| - Enfermedades dermatológicas | 1750 (20) |

TABLA 4: Características de los Contadores de Cuerpo Entero empleados

| Radionúclido | Contador-1 | | Contador 2 | |
|--------------|----------------------|------------|---------------------|----------|
| | ϵ (cps/Bq)* | AMD (Bq)** | ϵ (cps/Bq) | AMD (Bq) |
| Cs-137 | 3,09 E-3 | 105 | 2,66 E-3 | 126 |
| K - 40 | 1,63 E-3 | 1036 | 1,69 E-3 | 804 |

*Simulador de Hombre Dosimétrico de Referencia.

**Tiempo de medición 25 min. AMD-actividad mínima detectable.

- 157 casos con enfermedades endocrinológicas.
- 101 casos con enfermedades neoplásicas.
- 89 casos con afecciones gastrointestinales.
- La realización de 97 intervenciones quirúrgicas, de ellas, 18 cardiovasculares, y de 2 trasplantes renales.

momento se han obtenido resultados positivos en:

- El 99.8% de los 493 casos de vitíligo tratados.
- El 93.9% de los casos con psoriasis tratados.
- El 60% de las 150 alopecias tratadas.

Otro de los resultados significativos del programa médico ha sido el tratamiento del vitíligo, la alopecia y la psoriasis bajo la asesoría del Instituto de Inmunoterapia Placentaria. Hasta el

EVALUACIONES DOSIMÉTRICAS Y DE IMPACTO SOBRE LA SALUD

Uno de los problemas esenciales que surgió al comenzar el plan en Cuba fue el

TABLA 5: Resultados dosimétricos generales

| Componente de dosis | Intervalos de Dosis (mSv) | |
|---------------------|---------------------------|----------------------|
| | Para 4 años | Para 70 años |
| Dosis externa | 0,04 - 31,42 | 3,68 - 87,5 |
| Dosis Interna | Cs-137* | 2E-3 - 5,41 |
| | Sr-90 | 0,10 - 3,86 |
| | I-131** | 1,99 - 61,38 |
| Dosis total | 0,22 - 84,25 | 8,22 - 171,54 |

*Asumiendo incorporación crónica hasta el cuarto año.

**Dosis efectiva.

de evaluar las dosis de radiación recibidas por los niños y su posible impacto sobre la salud. La actividad fue asignada al Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), el cual organizó un grupo multidisciplinario de especialistas en dosimetría y radiobiología, que se instaló directamente en una de las residencias de Tarará.

La información que se poseía sobre los niveles de contaminación superficial de las localidades afectadas por el accidente de Chernobil era bastante escasa en ese momento y se limitaba a algunos reportes aparecidos en publicaciones de la ex Unión Soviética; tampoco se conocían las localidades de procedencia de los niños que llegaban a Cuba, pues esta información no aparecía reflejada en la documentación que los acompañaba.

Las dos tareas iniciales que desarrolló el grupo del CPHR fueron aplicar una encuesta en idioma ruso a los niños y a sus acompañantes, y montar una instalación con dos contadores de cuerpo entero, cuyas características aparecen en la tabla 4. La encuesta se utilizó para conocer con exactitud la ubicación de las personas al momento del accidente, y sus principales movimientos posteriores, de modo tal que se pudiese obtener información para hacer estimaciones de dosis por irradiación externa motivada por la contaminación superficial del terreno. En los contadores de cuerpo entero se comenzó la medición de la contaminación interna de Cs-137 para realizar a partir de ellas estimaciones de dosis por irradiación interna. Para estas medicio-


TABLA 6: Grupos formados para las evaluaciones de impacto sobre la salud

| Grupo | Contaminación (kBq/m ²) | Nº de pueblos | Nº de niños (%) | Edad (años) | | Sexo (%) | |
|-------|--|------------------|--------------------|-------------|-----------|----------|----|
| | | | | promedio | intervalo | M | F |
| 1 | <37 | 33 | 831 (27,4) | 10,8 | 2-17 | 54 | 46 |
| 2 | (37-185) | 63 | 512 (16,9) | 11,1 | 1-16 | 59 | 41 |
| 3 | >185 | 19 | 192 (6,3) | 11,4 | 4-17 | 42 | 58 |
| 4 | evacuada | 13 | 719 (23,7) | 11,2 | 5-20 | 57 | 43 |
| 5 | desconocida | 293 | 779 (25,7) | 11,4 | 1-17 | 59 | 41 |

nes se seleccionaron niños de los grupos III y IV de clasificación médica provenientes de localidades con diferentes niveles de contaminación del terreno por Cs-137.

Paralelamente, se fue creando un sistema computarizado para:

- Realizar los cálculos dosimétricos tanto para la medición interna como externa.
- Almacenar y procesar la información médica y de análisis de laboratorio que se obtuvieran por el servicio médico de Tarará, con los cuales se establecieron las coordinaciones necesarias.

– Realizar correlaciones y reportes de los parámetros físicos y médicos de acuerdo a las regiones geográficas, grupos de edades, intervalos de dosis, sexo, valores de análisis de laboratorio, enfermedades, etc.

Los estudios dosimétricos procesados hasta la actualidad abarcan 4.506 niños, de Ucrania (3.121), Rusia (1.018) y Belarús (367), procedentes de 659 poblados, de ellos 421 ucranianos, 156 rusos y 82 belorrusos. El 53% de la muestra es masculina y las edades oscilan entre 1 y 17 años.

Los resultados de las estimaciones dosimétricas aparecen en la tabla 5 y evi-

dencia que, con excepción de las dosis en tiroides, que alcanzan en algunas regiones valores de hasta 2 Gy, el grupo estudiado ha recibido bajos niveles de dosis de radiación.

Para realizar las evaluaciones de impacto sobre la salud se formaron 5 grupos, que en total incluyen 3.033 niños de 421 poblados ucranianos (tabla 6).

Se consideró, para esta división, que en cada grupo quedara un número significativo de niños y que fuera posible considerar al grupo I como control. En la tabla 7 se muestran las principales características dosimétricas de estos grupos.

TABLA 7: Principales características dosimétricas de los grupos formados. Valores medios

| Grupo | Casos >AMD (%) | Act. Esp (Bq/kg) | Dosis interna Cs-137 | | | | Dosis en tiroide (mGy) | Dosis total año de estudio |
|-------|----------------------|------------------------|----------------------|---------|---------------------|---------|------------------------------|----------------------------------|
| | | | Dosis externa (mSv) | | Dosis interna (µSv) | | | |
| | | | año de estudio | 70 años | año de estudio | 70 años | | |
| 1 | 65 | 5,58 | <1 | 1 | 40 | 60 | 42 | 2 |
| 2 | 85 | 14,12 | 1 | 5 | 90 | 140 | 148 | 6 |
| 3 | 97 | 21,38 | 7 | 30 | 140 | 210 | 890 | 35 |
| 4 | 70 | 5,92 | <1 | 1 | 40 | 60 | — | <1 |
| 5 | 74 | 10,15 | — | — | 70 | 110 | — | <1 |

TABLA 8: Enfermedades más frecuentes en la muestra estudiada. Cifras en tantos por ciento

| Clasificación de enfermedades | Grupos | | | | | Total |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Endocrino-Metabólicas | 57,33 | 65,27 | 66,15 | 69,43 | 57,02 | 61,94 |
| Hematológicas | 38,02 | 35,69 | 32,82 | 43,98 | 33,09 | 37,48 |
| Respiratorias | 28,72 | 22,14 | 25,64 | 32,23 | 23,81 | 26,95 |
| Síntomas-Signos | 17,21 | 21,76 | 21,54 | 31,54 | 17,09 | 21,53 |
| Infecciosas-Parasitarias | 12,79 | 12,60 | 14,36 | 17,43 | 14,77 | 14,45 |
| Neurológicas y de los órganos de los sentidos | 12,67 | 11,83 | 11,79 | 16,74 | 10,99 | 12,98 |
| Digestivas | 10,00 | 7,82 | 6,67 | 18,65 | 10,13 | 9,61 |
| Dermatológicas | 7,56 | 8,59 | 6,67 | 10,65 | 8,91 | 8,75 |
| Osteomioarticulares | 7,33 | 6,68 | 8,21 | 8,71 | 5,25 | 7,05 |
| Anomalías congénitas | 6,40 | 6,30 | 7,18 | 8,02 | 6,72 | 6,89 |
| Genitourinarias | 6,51 | 4,39 | 3,59 | 7,47 | 3,54 | 5,41 |
| Tumores | 3,37 | 4,01 | 2,56 | 3,87 | 4,03 | 3,72 |
| Trastornos mentales | 2,21 | 3,24 | 2,05 | 1,80 | 0,85 | 1,92 |
| Trastornos alérgicos y de la Inmunidad | 1,16 | 0,76 | 1,03 | 0,97 | 0,61 | 0,90 |

En los cinco grupos formados se analizó el comportamiento de:

- a) La morbilidad.
- b) El peso y la talla.
- c) Las hormonas T4 y TSH y las frecuencias de hiperplasias tiroideas.

Los resultados obtenidos en la evaluación de los aspectos anteriormente señalados mostraron que:

- a) Los 11 primeros grupos de enfermedades tenían la mayor prevalencia en el grupo IV de evacuados (tabla 8). En sentido general, las hiperplasias tiroideas constituyen el 99% de las enfermedades endocrino-metabólicas. Predominan dentro de ellas las

hiperplasias de grado IA y IB. Las adenitis crónicas inespecíficas aportan el 99% de los casos diagnosticados con patologías hematológicas. Los casos con cifras de hemoglobinas inferiores a 100 g/l, que se diagnosticaron y trataron como anemias, representan algo menos del 1%, aunque, como se refleja más adelante, hay cerca de un 15% de casos con hemoglobina por debajo de los valores considerados como normales. Dentro de las enfermedades respiratorias, hay una presencia predominante (88%) de procesos infecciosos crónicos de las vías respiratorias altas, en particular de la osofaringe y nasofaringe. El 89% de los niños con padecimientos clasifi-

cados dentro del grupo de enfermedades infeccioso-parasitarias presentó alguna expresión de parasitismo intestinal. En las enfermedades neurológicas y de los órganos de los sentidos existe una elevada incidencia de trastornos visuales, asociados a defectos refractivos y de convergencia. A excepción de las afectaciones tiroideas, no cabe esperar ninguna asociación directa entre los valores de dosis y la presencia de estas enfermedades.

- b) No se encontraron alteraciones en el comportamiento del peso y la talla, ni ninguna tendencia manifiesta de estos parámetros asociada a los grupos formados.



TABLA 9: Comportamiento de los indicadores hematológicos en relación a los valores normales. Cifras en tantos por ciento

| Grupo | Hemoglobina | | | Hematocrito | | | | Leucocitos | | | | Eosinófilos | | |
|--------------|-------------|--------|---------|-------------|--------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | baja | normal | no inf. | bajo | normal | elevado | no inf. | bajo | normal | elevado | no inf. | normal | elevado | no inf. |
| 1 | 16,6 | 82,7 | 0,7 | 20,2 | 68,6 | 1,0 | 10,2 | 3,1 | 91,0 | 4,9 | 1,0 | 63,3 | 23,9 | 12,8 |
| 2 | 12,3 | 87,3 | 0,4 | 14,4 | 71,9 | 0,8 | 12,9 | 2,7 | 93,8 | 2,9 | 0,6 | 63,3 | 26,4 | 10,3 |
| 3 | 9,9 | 87,5 | 2,6 | 15,6 | 75,5 | 0,0 | 8,9 | 2,1 | 93,2 | 4,7 | 0,0 | 56,3 | 25,5 | 18,2 |
| 4 | 15,0 | 83,9 | 1,1 | 15,5 | 72,3 | 0,4 | 11,8 | 4,0 | 89,2 | 6,0 | 1,0 | 69,1 | 19,3 | 11,6 |
| 5 | 15,4 | 83,1 | 1,5 | 17,2 | 68,2 | 1,0 | 12,9 | 2,8 | 90,1 | 5,0 | 2,1 | 62,0 | 27,3 | 10,7 |
| Total | 14,8 | 84,1 | 1,1 | 17,0 | 70,6 | 0,7 | 11,7 | 3,1 | 90,9 | 4,9 | 1,1 | 63,9 | 24,2 | 11,9 |

TABLA 9: Continuación

| Grupo | Monocitos | | | Polimorfos | | | | Linfocitos | | | |
|--------------|-----------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|
| | normal | elevado | no inf. | bajo | normal | elevado | no inf. | bajo | normal | elevado | no inf. |
| 1 | 60,9 | 1,6 | 37,5 | 63,2 | 25,1 | 11,0 | 0,7 | 4,8 | 34,4 | 59,8 | 1,0 |
| 2 | 62,3 | 1,0 | 36,7 | 62,3 | 28,7 | 8,4 | 0,6 | 2,5 | 39,5 | 57,4 | 0,6 |
| 3 | 53,6 | 2,1 | 44,3 | 66,1 | 24,5 | 9,4 | 0,0 | 4,7 | 33,3 | 61,5 | 0,5 |
| 4 | 58,8 | 0,8 | 40,4 | 56,6 | 29,5 | 13,3 | 0,6 | 7,9 | 34,5 | 56,3 | 1,3 |
| 5 | 58,1 | 0,1 | 41,8 | 63,2 | 26,6 | 8,3 | 1,9 | 4,0 | 35,2 | 59,0 | 1,8 |
| Total | 59,4 | 1,0 | 39,6 | 61,7 | 27,1 | 10,3 | 0,9 | 4,9 | 35,4 | 58,5 | 1,2 |

c) Los indicadores hematológicos no fueron alterados por las condiciones radiológicas imperantes en la zona (tabla 9). En todos los grupos es alto el porcentaje de casos con cifras elevadas de linfocitos y bajas de polimorfos. Estos hallazgos no pueden ser explicados por la estructura de edad de la muestra estudiada, ya que en las edades predominantes en la misma los linfocitos no dominan el recuento leucocitario. Los linfocitos son altamente sensibles a las radiaciones ionizantes, por lo que su cantidad disminuye a partir de determinada dosis umbral. La causa de este comportamiento anormal de linfoci-

tos y polimorfos parece estar relacionada con factores de origen infeccioso. Este comportamiento del recuento leucocitario se asocia con un 54-56% de individuos diagnosticados con enfermedades infeccioso-parasitarias, hematológicas, digestivas, respiratorias y genitourinarias, que tienen altos componentes de estos factores. La presencia de "hiperplasia linfocítica", caracterizada por la asociación de linfocitosis relativa a hipertrofia de estructuras linfocíticas, que alcanzan para algunas localizaciones anatómicas como las digestivas, respiratorias y ganglionales entre el 54-60% de los casos,

podría también avalar este comportamiento linfocitario. La eosinofilia parece estar asociada a enfermedades inmunoalérgicas (29%) y parasitarias (39%).

d) Un 18% de los casos tienen cifras de T4 elevadas. Un 17% de los casos presentan cifras de T4 elevadas con TSH normal (tabla 10). Usualmente, como resultado del daño a las células de la tiroides, los niveles de hormona tiroidea disminuyen, la TSH aumenta y los niveles de T4 retornan a la normalidad o se reducen. Los resultados encontrados no reflejan esta tendencia. Varios estudios muestran

TABLA 10: Comportamiento simultáneo de la T4 y la TSH en relación a los valores normales

| Grupo | TSH- Normal | | | TSH- Alta | | | | |
|------------------------|-------------|------|--------|-----------|----|------|--------|------|
| | T4 | baja | normal | alta | T4 | baja | normal | alta |
| 1 (422) | | 1,2 | 84,1 | 13,5 | | 0,0 | 1,2 | 0,0 |
| 2 (291) | | 0,3 | 76,6 | 23,1 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3 (86) | | 0,0 | 86,4 | 14,0 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 (300) | | 0,0 | 81,4 | 18,3 | | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| 5 (476) | | 0,6 | 82,6 | 15,8 | | 0,0 | 0,6 | 0,4 |
| Total (1575) | | 0,6 | 81,8 | 16,9 | | 0,0 | 0,6 | 0,1 |

*Cifras entre paréntesis: total de casos con determinación de ambas hormonas en cada grupo.

que se puede producir hipotiroidismo por radiación y que el mismo es dosis dependiente. Los datos disponibles hasta el presente son insuficientes para definir una dosis umbral que se supone sea superior a 1 Gy. En los casos que hemos estudiado, las dosis estimadas en la tiroides no han influido de la forma descrita y de una manera detectable en el funcionamiento de la glándula.

El otro de los aspectos evaluados en este acápite fue la frecuencia de hiperplasias tiroideas. El porcentaje de casos con hiperplasia tiroidea aumenta de los grupos I al IV, prevaleciendo las hiperplasias de grado IA y IB (tabla 11). Aun cuando no se puede establecer una relación directa entre la dosis de radiación en tiroides y la frecuencia de hiperplasias, existe una tendencia al incremento de las

mismas con el aumento de la contaminación superficial de los territorios en que se encontraban los niños al momento de ocurrir el accidente. En relación al grupo I, considerado control, son significativos los incrementos de hiperplasias observados en los grupos II, III y IV. Los altos porcentajes de hiperplasias que en general se encontraron en la muestra pueden estar asociados a los procesos de selección de la misma.

TABLA 11: Afectaciones de hiperplasias tiroideas. Cifras en %

| Grupo | Grado de la hiperplasia | | | | % de casos con hiperplasia |
|--------------|-------------------------|-------|------|------|----------------------------|
| | IA | IB | II | III | |
| 1 | 35,47 | 15,58 | 5,35 | 0,35 | 56,74 |
| 2 | 33,78 | 20,61 | 8,97 | 0,57 | 63,93 |
| 3 | 37,44 | 18,46 | 9,23 | 1,03 | 66,15 |
| 4 | 41,91 | 20,47 | 6,50 | 0,00 | 68,74 |
| 5 | 32,97 | 16,61 | 5,98 | 0,98 | 56,53 |
| Total | 36,20 | 18,00 | 6,60 | 0,51 | 61,29 |

Adicionalmente, se realizaron estudios citogenéticos en un grupo más reducido de casos (tabla 12), que incluía niños de una localidad evacuada (Pripiat), otra con alto coeficiente de traspaso de Cs-137 (Ovruch) y una con niveles de contaminación por Cs-137 inferiores a 37 kBq/m² (Kiev). Los resultados (tabla 13) no mostraron diferencias significativas en las frecuencias de dicéntricos, lo cual era de



TABLA 12: Características de los grupos seleccionados para estudios citogenéticos

| Localidad | Nº de casos estudiados | Sexo | | Edad (años) | |
|-----------|------------------------|------|----|-------------|----------|
| | | M | F | intervalo | promedio |
| Ovruch | 20 | 10 | 10 | 8-14 | 12,5 |
| Pripiat | 28 | 19 | 9 | 8-14 | 10,5 |
| Kiev | 21 | 8 | 13 | 7-15 | 11,4 |

esperar, dado que las dosis estimadas para estos grupos fueron más bajas que la dosis umbral para este tipo de efecto.

CONCLUSIONES GENERALES DE LAS EVACUACIONES DOSIMÉTRICAS Y DE IMPACTO SOBRE LA SALUD

Las estimaciones dosimétricas realizadas en este grupo de niños de áreas afectadas por el accidente de Chernobil permiten afirmar que, con excepción de las dosis en tiroides, los mismos han recibido bajos niveles de dosis de radiación. Las descripciones detalladas y bien tipificadas de los efectos biológicos de las radiaciones en la literatura, unidas al conocimiento de los objetivos básicos del programa cubano, expuestos al inicio de este trabajo, hacen presuponer que, en general, no deba esperarse una aso-

ciación entre las dosis de radiación recibidas y los hallazgos patológicos detectados en la muestra. No obstante y aún dentro de estas circunstancias, los hallazgos descritos en tiroides apuntan hacia la necesidad de un seguimiento muy cuidadoso de la población infantil en este aspecto.

REPERCUSIONES DEL PROGRAMA

El programa cubano ha despertado la atención de numerosas personas que visitan la isla; solamente durante 1994 se recibieron 63 delegaciones extranjeras de más de 30 países, que en total incluían 1.169 personas.

La prensa nacional e internacional ha ofrecido una cobertura significativa al programa cubano. Importantes cadenas televisivas como CNN y ABC de Estados

Unidos, NHK de Japón y O Globo de Brasil, entre otras, han realizado reportajes sobre el programa, cuyas instalaciones han sido visitadas además por periodistas de muchos países. Se estima que anualmente se producen entre 20 y 30 visitas de la prensa.

Los mensajes transmitidos al público han sido siempre de un profundo contenido humano y de reconocimiento a la labor que se realiza. Lamentablemente, en ocasiones, las informaciones sobre el programa cubano han reflejado un vínculo entre las dosis de radiación resultantes del accidente y las enfermedades presentes en los niños. Estas informaciones, erróneas, confunden a la opinión pública, que de por sí posee pocos conocimientos sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

PERSPECTIVAS DEL PROGRAMA

Las autoridades nacionales de salud resaltaron la voluntad de mantener el programa cubano durante los actos por su V Aniversario, celebrados en el campamento de Tarará. Se estima que en las condiciones actuales se reciban hasta 1.200 niños anualmente en la isla.

TABLA 13: Resultados de los estudios citogenéticos

| Localidad | Nº de metaf. analizadas | acéntricos | Frecuencia/100 células | | | Nº de linf. analizados | Frecuencia micronucl./100 cel. |
|-----------|-------------------------|------------|------------------------|---------|-----------|------------------------|--------------------------------|
| | | | dicéntricos | anillos | totales | | |
| Ovruch | 2779 | 0,18±0,08 | 0,03±0,03 | 0,0 | 0,22±0,09 | 9891 | 0,98±0,09 |
| Pripiat | 11475 | 0,35±0,05 | 0,02±0,01 | 0,0 | 0,37±0,06 | 13500 | 0,56±0,06 |
| Kiev | 5406 | 0,60±0,10 | 0,04±0,03 | 0,0 | 0,66±0,11 | 13954 | 0,60±0,06 |

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Suárez R.C., Jova L. y col. Estimación de dosis por diferentes vías de irradiación en un grupo de infantes de áreas afectadas por el accidente de Chernobil. II Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, México. Memorias del Congreso. Vol. II, 2ª parte, 480 (1993).
- (2) García O., Lamadrid A. y col. Estudio citogenético en niños de localidades afectadas por el accidente de Chernobil. II Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, México. Memorias del Congreso. Vol. II, 2ª parte, 476 (1993).
- (3) García O., Valdés M. y col. Principales parámetros hematológicos en pobladores de zonas afectadas por el accidente de Chernobil. II Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, México. Memorias del Congreso. Vol II, 2ª parte, 486 (1993).
- (4) Suárez R.C., López G.M. y col. Mediciones de actividad corporal de Cs-137 en un grupo de infantes de áreas afectadas por el accidente de Chernobil. Nucleus N° 16, 10 (1994).
- (5) Dotres C., Grandio O. y col. Programa para la atención médica integral a niños expuestos a contaminación ambiental por sustancias radiactivas. Rev. Cub. de Pediatría 67(1), 6 (1995).



ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LAS NUEVAS NORMAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA UNIÓN EUROPEA (DIRECTIVA 96/26)



Una de las responsabilidades asignadas a la Unión Europea, en virtud del tratado de Euratom, es la de establecer normas de seguridad uniformes para garantizar la protección de la salud del público y de los trabajadores contra el riesgo inherente a la utilización de radiaciones ionizantes.

El pasado 13 de mayo, el Consejo de Ministros de la Unión Europea aprobó la Directiva 96/29 por la que se establecen las nuevas normas básicas de seguridad, que tienen en cuenta todo el desarrollo del conocimiento científico relacionado con la protección radiológica, en particular las novedades introducidas en la publicación nº 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

España, como estado miembro de la Unión Europea, debe desarrollar las disposiciones legales que resulten oportunas para garantizar el cumplimiento de los preceptos contenidos en la Directiva 96/26 de Euratom, en un plazo máximo de cuatro años contados desde la fecha de aprobación.

En este artículo se presentan los aspectos más relevantes de las nuevas normas básicas de seguridad de la Unión Europea, haciendo especial hincapié en aquellos que tienen implicaciones prácticas significativas en la legislación española hoy vigente en materia de protección radiológica.

One of the fundamental tasks attributed to the European Union by the EURATOM Treaty is to establish uniform safety standards for the health protection of the general public and workers against hazards of ionizing radiation.

Last May 13th the Council of Ministers approved 96/29 Euratom Directive laying down the new basic safety standards of the European Union. Those standards consider the development of scientific knowledge concerning radiation protection, as expressed in particular in the publication 60 of the International Commission on Radiation Protection.

Spain, as a Member State of the European Union, must lay down the appropriate legal provisions to ensure compliance with the requirements of 96/29 Euratom Directive, on a period of four years after the date of approval.

This paper describes the most relevant aspects of the new basic safety standards of the European Union emphasizing in those involving relevant practical implications in the Spanish current legislation on radiation protection.

A raíz de la aprobación, a finales de 1990, de las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-60), se planteó la necesidad de revisar las normas básicas de protección radiológica previamente adoptadas por la Unión Europea (Directiva 80/836), que estaban basadas en las anteriores recomendaciones de la Comisión. Dicha revisión iba a tener importantes implicaciones prácticas para nuestro país ya que, de acuerdo con el tratado constitutivo de Euratom, todos los Estados Miembros de la Unión Europea quedarían obligados a adaptar sus disposi-

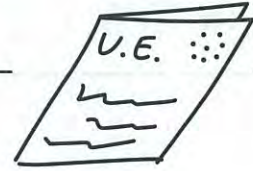
ciones legales a las nuevas normas básicas lo que, en nuestro caso, implicaría una revisión en profundidad de textos normativos del alcance del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas o del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

El proceso de revisión de la Directiva 80/836 se inició en 1991, inmediatamente después de la aprobación de las nuevas recomendaciones de ICRP-60 y culminó el pasado 13 de mayo, cuando el Consejo de la Unión Europea aprobó la Directiva 96/26 de Euratom por la que se

establecen las normas básicas de seguridad relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y la población contra los peligros que resultan de las radiaciones ionizantes. Como hitos más destacados de este proceso hay que señalar que:

- El 20/07/93 la Comisión de la Unión Europea presentó una primera propuesta de Directiva, tras la preceptiva consulta al Grupo de Expertos al que se hace referencia en el Artículo 31 del Tratado de Euratom, y el posterior dictamen del Comité Económico y Social.

¹ El Comité acordó, asimismo, que la aprobación de la Directiva se haría efectiva, por acuerdo del Consejo de la Unión Europea, una vez que se dispusiera de las traducciones oficiales a los lenguajes comunitarios del texto (versión inglesa) objeto del acuerdo.



- El 20/11/93 el Grupo de Cuestiones Atómicas del Consejo de la Unión Europea inició las deliberaciones en torno a la propuesta presentada por la Comisión.
- El 20/04/94 el Parlamento Europeo emitió un dictamen proponiendo una serie de enmiendas a la propuesta de la Comisión que, según el procedimiento establecido al efecto, le había sido presentada con carácter consultivo.
- El 08/11/95 la Presidencia del Grupo de Cuestiones Atómicas, que correspondía a nuestro país, anunció su intención de elaborar una nueva propuesta de Directiva en la que, en busca del mayor consenso posible, se tratarían de reflejar las observaciones que los distintos Estados Miembros habían formulado al texto presentado por la Comisión.
- El 21/12/95 el Comité de Representaciones Permanentes de la Unión Europea alcanzó un acuerdo político para la aprobación, como Directiva, del texto de compromiso elaborado por la Presidencia del Grupo de Cuestiones Atómicas¹.
- El 13/05/96 el Consejo de la Unión Europea aprobó formalmente la Directiva 96/26 de Euratom.

CONTRIBUCION ESPAÑOLA A LA DIRECTIVA 96/26

Merece destacarse el importante protagonismo que nuestro país, como Estado Miembro de la Unión Europea, ha tenido en el proceso de gestación de la nueva

Directiva. Ya se ha indicado que el acuerdo político para la aprobación de la Directiva se alcanzó sobre un texto de compromiso elaborado por la Presidencia Española; tal acuerdo fue valorado por la Comisión Europea y por los otros Estados Miembros como un notable éxito para nuestro país, que lograba así culminar un largo y complejo proceso de discusión al que muy pocos vislumbraban final, dado lo enconado de los debates. La labor de la Representación Permanente de España en Bruselas, en un complicado proceso de negociación en busca de textos de consenso con las delegaciones de los otros Estados Miembros, ha constituido un factor determinante para que se alcanzara el acuerdo para la aprobación de la Directiva, y así ha sido reconocido por todos.

Merece destacarse igualmente que la Representación Permanente de España en Bruselas contó en todo momento con el apoyo técnico directo de un Grupo Asesor que, bajo la coordinación del Ministerio de Industria y Energía, se constituyó tan pronto se iniciaron los trabajos del Grupo de Cuestiones Atómicas. Este Grupo Asesor, que contaba con representantes del Consejo de Seguridad Nuclear, Ministerio de Sanidad y Consumo, Ministerio de Trabajo, CIEMAT, ENRESA, ENUSA y el sector nucleoelectrico, ha jugado asimismo un papel relevante ya que en él:

- Se definió la posición oficial de nuestro país en relación con la propuesta de Directiva inicialmente presentada por la Comisión, sobre la que se plantearon un buen número de enmiendas que constituyeron la base de las intervenciones de la

delegación española en los debates del Grupo de Cuestiones Atómicas.

- Se concretó el texto final de la propuesta de compromiso de la Presidencia Española con el que finalmente se alcanzó el acuerdo político para la aprobación de la Directiva.

ESTRUCTURA DE LA DIRECTIVA 96/26

La nueva Directiva viene a actualizar y reforzar las disposiciones contenidas en la Directiva 80/836 y supone una adaptación de la misma a las recomendaciones básicas de ICRP-60. La Directiva se estructura en diez títulos, bajo los epígrafes que a continuación se indican, con un total de cincuenta y siete artículos y tres anexos técnicos:

1. Definiciones.
2. Ambito de aplicación.
3. Declaración y autorización de prácticas.
4. Justificación, Optimización y Limitación de Dosis para prácticas.
5. Estimación de la dosis efectiva.
6. Principios fundamentales de la protección efectiva de trabajadores, aprendices y estudiantes para las prácticas.
7. Aumento notable de la exposición debida a fuentes de radiación natural.

8. Aplicación de la protección radiológica de la población en circunstancias normales.
9. Intervenciones.
10. Disposiciones finales.

ASPECTOS MAS RELEVANTES DE LA DIRECTIVA 96/26

Ambito de aplicación

Con respecto a las anteriores normas básicas, la nueva Directiva amplía de forma significativa el conjunto de actividades que forman parte de su ámbito de aplicación, en el que se incluyen:

- La producción, tratamiento, manipulación, utilización, almacenamiento, transporte y eliminación de sustancias radiactivas.
- El manejo de todo equipo eléctrico que emita radiaciones y que contenga componentes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.
- La exportación e importación de sustancias radiactivas, desde y hacia la Unión Europea respectivamente.
- Las actividades laborales que supongan una exposición significativa de los trabajadores o del público a fuentes de radiación natural (se excluye la exposición al radón en viviendas).
- Las intervenciones, tanto en caso de situaciones de emergencia radiológica, como en situaciones de

exposición prolongada a consecuencia de los efectos secundarios de emergencias radiológicas o del ejercicio de prácticas acaecidas en el pasado.

Exención y desclasificación

La nueva Directiva clarifica conceptualmente la problemática de la exención de materiales radiactivos, que se aborda de una manera global distinguiendo entre dos conceptos, exención y desclasificación, que en la anterior Directiva no quedaban suficientemente explícitos, lo que dio lugar a importantes errores de interpretación.

Estos conceptos están nítidamente separados en las nuevas normas, en las que se tratan de forma independiente los niveles de exención, que sirven para decidir si determinada práctica debe someterse, o no, al control regulador, y los niveles de desclasificación, que sirven para decidir sobre si algunas sustancias radiactivas de muy baja actividad (por ejemplo residuos sólidos), que forman parte de prácticas sometidas al control regulador, pueden quedar exoneradas de dicho control.

En lo que se refiere a la exención, o entrada en el control regulador, el artículo 3º de la Directiva define un conjunto de prácticas que no necesitan someterse a declaración o autorización alguna y que, en líneas generales, están en consonancia con las que a este respecto se definían en la anterior Directiva, aunque con los siguientes matices:

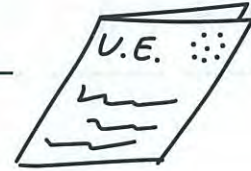
- Mientras que las anteriores normas clasificaban los radionucleidos en cuatro categorías, según su radioto-

xicidad, y para cada categoría establecían un nivel de exención genérico que se expresaba en términos de actividad total (Bq); la nueva Directiva establece niveles de exención específicos, isótopo por isótopo, que se expresan indistintamente en términos de actividad total (Bq) o de concentración de actividad (Bq/g).

- La nueva Directiva incluye un Anexo I en el que, además de los niveles de exención isótopo por isótopo (Bq o Bq/g), se recogen los criterios básicos, o de dosis, en los que se basan dichos niveles. Se recoge asimismo una disposición por la que los Estados Miembros, en circunstancias excepcionales y siempre que se respeten estos criterios básicos, pueden utilizar niveles de exención distintos de los del Anexo.
- La nueva Directiva incluye una disposición por la que se considera exento de cualquier requisito de declaración o autorización al material contaminado con sustancias radiactivas procedentes de vertidos autorizados.

En lo que se refiere a la desclasificación, o salida del control regulador, el artículo 5º de la Directiva recoge dos disposiciones de gran trascendencia práctica, puesto que afectan de lleno a una problemática de plena vigencia como es la gestión de residuos radiactivos de muy baja actividad:

- La primera de esas disposiciones establece el principio general de



que la eliminación (o reciclado o reutilización) de sustancias radiactivas que proceden de prácticas sujetas al control regulador requiere de autorización por parte de la autoridad reguladora.

- La segunda de esas disposiciones establece que tal autorización no será necesaria siempre que las sustancias involucradas en la eliminación (o reciclado o reutilización) satisfagan los "niveles de desclasificación" que establezcan las autoridades competentes; dichos niveles de desclasificación deben respetar los criterios básicos del Anexo I y tener en cuenta las orientaciones técnicas que disponga la Comunidad a este respecto.

Estas disposiciones contribuirán a subsanar los errores de interpretación a que dio lugar el texto de la anterior Directiva. Ahora ya queda perfectamente claro que los niveles de exención sólo sirven para decidir sobre la entrada al control regulador y, por tanto, no deberían utilizarse para justificar la evacuación convencional de residuos radiactivos que ya forman parte de ese control regulador. Tal evacuación siempre necesitaría de una autorización específica, igual que sucede con los efluentes líquidos y gaseosos, en tanto que la autoridad reguladora no tenga establecidos los pertinentes niveles de desclasificación.

Régimen de declaración- autorización de prácticas

En la nueva Directiva se modifica drásticamente el planteamiento de las anteriores normas que, aunque establecían la obligación de declarar las actividades en que intervinieran sustancias radiactivas, deja-

ban a la discrecionalidad de cada Estado Miembro la decisión de requerir, o no, autorización para tales actividades. Esta discrecionalidad queda en la nueva Directiva muy mermada, puesto que se definen un conjunto de actividades que los Estados Miembros deben necesariamente someter a autorización previa:

- Operación y clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, incluyendo las minas de uranio.
- Adición de sustancias radiactivas en la producción y fabricación de productos medicinales y bienes de consumo, y la importación y exportación de esos productos.
- Administración de sustancias radiactivas a las personas con fines de diagnóstico, tratamiento o investigación.
- Utilización de aparatos de rayos X y fuentes radiactivas para radiografía industrial o la exposición de personas con fines de tratamiento médico y la utilización de aceleradores (salvo microscopios electrónicos).

No obstante, en una línea de continuidad con las anteriores normas, la Directiva incluye una disposición por la que las autoridades reguladoras nacionales pueden exigir autorización a prácticas distintas de las indicadas.

Enunciado del sistema de limitación de dosis

La Directiva se reafirma en los tres principios generales de protección radio-

lógica: justificación, optimización y limitación de dosis que se habían introducido en las anteriores normas básicas, pero incorpora dos importantes novedades con respecto a la formulación previa de estos principios:

- La Directiva recoge el principio de rejustificación de prácticas que se había introducido en ICRP-60 y que establece que algunas prácticas ya existentes deberían ser revisadas desde el punto de vista de su justificación, siempre que surgieran nuevas e importantes evidencias sobre su eficiencia o consecuencias. Hay que señalar no obstante que esta temática se plantea con una cierta prudencia ya que, por una parte, dicho principio se introduce de forma no excesivamente prescriptiva (...las prácticas "podrán" ser revisadas...) y, por otra, se establece que el principio aplica a un tipo genérico de prácticas y no a cada práctica considerada individualmente.
- La Directiva recoge asimismo el concepto de "restricción de dosis" (dose constraint) que, asimismo, se había introducido en ICRP-60 a modo de factor limitante en el proceso de optimización. También en este caso la temática se aborda con prudencia, de forma poco prescriptiva y dando una gran discrecionalidad a los Estados Miembros en cuanto a la aplicación práctica de este concepto.

Nuevos límites de dosis

En el caso de los trabajadores profesionalmente expuestos, la Directiva esta-

blece un límite de dosis efectiva de 100 mSv en cinco años, sujeto a una dosis efectiva máxima anual de 50 mSv; además de esta disposición, que recoge de forma precisa las recomendaciones de ICRP-60, la Directiva incluye una cláusula adicional que permite que los Estados Miembros que así lo deseen puedan establecer un límite anual de 20 mSv, sin consideraciones de promedio en cinco años. Este texto de compromiso trata de dar satisfacción a aquellos Estados Miembros (Holanda, Irlanda, Bélgica) que, desde el primer momento, abogaron por esta segunda alternativa, que resulta más restrictiva que la que establecen las recomendaciones de ICRP-60.

En el caso de los miembros del público, la Directiva recoge sin matizaciones las recomendaciones de ICRP-60, estableciendo un límite de dosis efectiva de 1 mSv/a y permitiendo, en circunstancias especiales, un valor de la dosis efectiva más elevado en un único año, siempre que el valor promedio en cinco años consecutivos no sobrepase 1 mSv/a.

En lo que se refiere a los límites de dosis a la piel, no existe variación respecto a las anteriores normas en cuanto a los valores establecidos; sí hay variación en cuanto a que la nueva Directiva, en una línea coherente con ICRP-60, establece que dichos límites se aplican a la dosis promediada sobre una superficie de 1 cm², en lugar de los 100 cm² que se establecían en las anteriores normas básicas.

Protección en embarazo y lactancia

En este apartado también existen

importantes novedades con respecto a las anteriores normas, que establecían un límite de 10 mSv para la dosis a recibir por el feto, que se contabilizaban desde el momento en que la trabajadora notificaba el embarazo a la empresa. Las disposiciones de la nueva Directiva, en relación con esta temática, establecen que las condiciones de trabajo de la mujer embarazada deben ser tales que hagan improbable que la dosis a recibir por el feto, al menos desde el momento de la notificación del embarazo, supere el valor de 1 mSv.

Detrás de esta redacción, algo rebuscada, subyace el criterio de que la dosis a recibir por el feto durante la totalidad del embarazo no exceda de 1 mSv; este criterio no se ha reflejado de forma explícita ante la eventualidad de situaciones prácticas para las que no resulte factible su cumplimiento, por ejemplo, cuando este valor se excede debido a las dosis recibidas en el período comprendido entre la concepción y el instante de la notificación a la empresa.

Exposiciones especiales autorizadas

Aunque se mantiene la filosofía de permitir, en circunstancias excepcionales, la realización de operaciones en las que se puedan exceder los límites de dosis, se establecen requisitos adicionales a los que se definían en la anterior Directiva para la realización de estas operaciones:

- Dichas operaciones requieren autorización específica de la autoridad competente quien, asimismo, establece en cada caso concreto los niveles máximos de dosis aplicables a la operación.

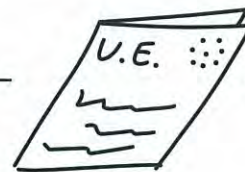
- La empresa debe justificar cuidadosamente, y con antelación, dichas exposiciones y discutir las detenidamente con los trabajadores involucrados, sus representantes, los servicios médicos y los servicios de protección radiológica.

Bases para la estimación de dosis internas

En las anteriores normas básicas, la problemática de las dosis internas se abordaba mediante la definición de límites de incorporación anual de actividad (LIA) cuyos valores se establecían, isótopo por isótopo, tanto para trabajadores expuestos como para miembros del público; en el primer caso, únicamente se consideraba la vía de inhalación mientras que, en el segundo, se consideraban tanto la inhalación como la ingestión. Adicionalmente, en el caso de los trabajadores expuestos, también se establecían los valores correspondientes de los límites de concentración derivada en aire (LCDA).

En la nueva Directiva ya no se contemplan límites secundarios, como son los LIA, ni límites derivados, como son los LCDA; la problemática de las dosis internas se aborda directamente en términos de límites básicos o de dosis. Para ello, se establecen valores, isótopo por isótopo, para la dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación, tanto para trabajadores profesionalmente expuestos como para miembros del público; dichos valores contemplan en ambos casos las vías de inhalación e ingestión.

Es importante señalar que, en el caso de los miembros del público, en



el establecimiento de dichos valores se consideran individuos-tipo representativos de cinco grupos de edad; este planteamiento supone una importante novedad con respecto a las anteriores normas básicas, que contemplaban un único valor del LIA para cada isótopo, sin entrar en matizaciones sobre su aplicabilidad a todo el espectro de edades del público (desde bebés a adultos).

Clasificación de zonas y personas

Se mantiene la filosofía de distinguir entre zonas controladas y zonas vigiladas, pero mientras que las anteriores normas establecían un criterio cuantitativo para la delimitación de dichas zonas (3/10 de los límites de dosis), en la nueva Directiva dicho criterio se deja a la discrecionalidad de las autoridades reguladoras nacionales, a las que se impone la obligación de desarrollar las orientaciones técnicas que resulten pertinentes para dicha clasificación.

Por otra parte, y a pesar de que ICRP-60 se había pronunciado en contra de establecer dos categorías de trabajadores expuestos, en la nueva Directiva se ha optado por mantener dicha clasificación y, a tal respecto, establece que aquellos trabajadores expuestos que pudieran recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv/a deben quedar clasificados como de categoría A; quedarían incluidos en la categoría B el resto de los trabajadores expuestos.

Exposición a radiación natural

En consonancia con ICRP-60, la nueva Directiva incluye en su ámbito de aplicación aquellas actividades laborales que implican una exposición significativa a fuentes de radiación natural, pero no sólo bajo la perspectiva de la exposición ocupacional, que era lo que se establecía en ICRP-60, puesto que también se contempla la exposición de miembros del público a consecuencia de estas actividades.

La Directiva aborda esta temática de una forma muy prudente y dejando gran discrecionalidad a las autoridades reguladoras nacionales. La única obligación real que se impone a los Estados Miembros es la de identificar, mediante estudios u otras técnicas adecuadas, las actividades laborales que pueden constituir motivo de preocupación a este respecto para, a continuación, decidir sobre cuál de esas actividades debería quedar sujeta a algún tipo de control.

El resto de los requerimientos se plantean de forma menos prescriptiva, puesto que se establece que los Estados Miembros:

- “Podrán” exigir una vigilancia de los niveles de exposición en aquellas actividades laborales que se hayan declarado como susceptibles de ser sometidas a algún tipo de control.

- “Podrán” exigir, cuando resulte oportuno, la aplicación de medidas correctoras tendentes a reducir las dosis o, incluso, la aplicación de medidas de protección radiológica similares a las de las prácticas.

La Directiva recoge algunos ejemplos de situaciones a las que les podrían resultar aplicables estas disposiciones:

- Actividades laborales que implican la exposición de trabajadores o del público a los descendientes del radón (cuevas, minas, establecimientos termales, etc.).
- Actividades laborales que implican el almacenamiento o manipulación de materiales no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales.
- Actividades laborales que generan residuos no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales.
- Vuelos comerciales.

La Directiva dedica una especial atención a la problemática de la exposición a la radiación cósmica de las tripulaciones de aviones, definiendo una serie de medidas aplicables al personal que pudiera recibir dosis superiores a 1 mSv/a como consecuencia de dicha

² Las anteriores normas utilizaban los términos “dose equivalent” y “effective dose equivalent” que, de forma incorrecta, se han venido traduciendo como dosis equivalente y dosis equivalente efectiva, respectivamente.

actividad laboral. Tales medidas contemplan la evaluación de las dosis, la información a los trabajadores involucrados y la aplicación al personal femenino de las disposiciones generales relativas a la protección durante el embarazo y lactancia.

Intervenciones

La nueva Directiva se adapta a las recomendaciones de ICRP-60 en lo relativo a considerar de forma separada la protección radiológica en prácticas e intervenciones, concepto este último que engloba a las medidas destinadas a reducir la exposición en situaciones de emergencia radiológica o en situaciones de contaminación residual que tienen su origen en prácticas o emergencias acaecidas en el pasado (situaciones "de facto").

En armonía con las recomendaciones de ICRP-60, la Directiva recoge el principio de que los límites de dosis establecidos para prácticas (situaciones bajo control) no son de aplicación a las intervenciones, en las que sí hay que tener en consideración los principios de justificación y optimización a la hora de definir su alcance, extensión y duración.

Las nuevas normas básicas abordan esta temática con rigor y de forma pormenorizada, puesto que se llegan a definir bastante en detalle las líneas maestras a tener en cuenta en la preparación y en la ejecución de los planes de intervención, y las responsabilidades asociadas a los mismos. A pesar de este desarrollo de detalle, en la nueva Directiva no se llegan a concretar valores numéricos de los niveles de intervención, temática en la que se deja plena discrecionalidad a las autoridades nacionales.

Exposiciones potenciales

De las nuevas temáticas que se introducían en las recomendaciones básicas de ICRP-60, la de las exposiciones potenciales es la que se ha recogido en la nueva Directiva de una manera más superficial y menos prescriptiva. Esta temática se trata de forma colateral, en el título correspondiente a las intervenciones, donde únicamente se establece que, cuando proceda, los Estados Miembros exigirán que se prevea la posibilidad de emergencias radiológicas en prácticas sometidas al control regulador y que se evalúen las exposiciones potenciales correspondientes.

Magnitudes radiológicas

La nueva Directiva utiliza las magnitudes radiológicas que se introducían en la publicación ICRP-60: dosis equivalente (equivalent dose, H_T) y dosis efectiva (effective dose, E)²:

- La dosis equivalente se define como la dosis absorbida promedio en un tejido u órgano, ponderada por un factor w_R que es función del tipo y la calidad de la radiación y que, conceptual y numéricamente, presenta diferencias con el "factor de calidad" que se utilizaba para el cálculo de la dosis equivalente en las anteriores normas, especialmente en el caso de los neutrones.
- La dosis efectiva se define como la suma de las dosis equivalentes en los distintos órganos y tejidos, ponderadas por un factor w_T que es función del tejido u órgano que se considere y que, asimismo, presenta diferencias

numéricas respecto al factor que se utilizaba para el cálculo de la dosis efectiva en las anteriores normas.

Expertos cualificados

La nueva Directiva incorpora una importante novedad en la definición de experto cualificado, en la que se introduce un matiz con el que, de alguna forma, se contempla la figura del Jefe de Servicio de Protección Radiológica que se recoge en nuestra legislación y que, estrictamente hablando, no aparecía reflejada en las anteriores normas básicas.

En la nueva definición, en la que prácticamente se recoge el texto de la anterior Directiva, se incluye un párrafo adicional por el que se establece que a un experto cualificado se le puede encomendar la responsabilidad técnica de las tareas de protección radiológica de los trabajadores y del público en general.

Disposiciones finales

La nueva Directiva establece el criterio de que los preceptos que en ella se recogen definen los "requisitos mínimos" de uniformidad en el ámbito de la Unión Europea y que, en consecuencia, los Estados Miembros están habilitados para, si lo estimaran oportuno, incluir en las normas nacionales disposiciones más estrictas que las previstas en la Directiva.

Además, en estas disposiciones también se define un plazo máximo de cuatro años para la plena transposición de la Directiva a las normas nacionales de los distintos Estados Miembros.



DISPOSICIONES SOBRE RADIACIÓN NATURAL INCLUIDAS EN LA NUEVA DIRECTIVA DE NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

L

a nueva Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad incluye ahora también a las actividades laborales que involucran la presencia de fuentes naturales de radiación. A los Estados Miembros se les requiere la identificación, por medio de vigilancias u otros estudios apropiados, de aquellas actividades laborales que puedan originar una exposición significativa para los trabajadores o el público. Cuando resulte apropiado, deberán aplicarse medidas correctivas y un sistema de protección radiológica para los trabajadores y el público.

The new Basic Safety Standards Directive now also covers work activities which involve the presence of natural radiation sources. The Member States are requested to identify by means of surveys or by any other appropriate means work activities which lead to a significant exposure of the workers or the public. Corrective measures to reduce exposures and a system of radiological protection shall be applied to occupational and in public exposures where appropriate.

Mika Markkanen
y Augustin Janssens
Comisión Europea
DGXI - C1

Traducción: David Cancio

INTRODUCCIÓN

La primera Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad (NBS) fue adoptada en 1959 y revisada luego en diversas oportunidades para reflejar la evolución del conocimiento científico en materia de protección radiológica. En las revisiones de las NBS siempre se han considerado las recomendaciones internacionales, especialmente aquellas expresadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). La Directiva anterior, de 1980, se basó en las recomendaciones básicas publicadas por la ICRP en su "Publication 26" de 1977. Desde entonces, la ICRP ha revisado las recomendaciones y también ha emitido diversas declaraciones suplementarias. Un nuevo conjunto de recomendaciones básicas ha sido publicado en la "Publication 60" de ICRP de 1990. En las mismas se recomiendan nuevos límites de dosis basados en los más recientes factores de riesgo. Las recomendaciones incluyen también varios elementos nuevos, tales como la distinción entre prácticas e intervenciones, la utilización de restricciones de dosis (dose constraints) en la optimización de la protección, y el concepto de exposiciones potenciales. También se reconoce que el sistema de protección radiológica podría aplicarse a algunas actividades laborales que involucran la exposición a fuentes naturales. La nueva Directiva [1] ha sido adoptada en Mayo de 1996 para, inter alia, reflejar estos cambios producidos en las recomendaciones internacionales.

Las disposiciones sobre las actividades laborales que involucran exposiciones a las fuentes naturales de radiación están incluidas en el Título VII de la Directiva. El Título VII comprende a los artículos 40 al 42, los cuales se reproducen en un Anexo. Los artículos 40 y 41 establecen un sistema paso a paso en el cual se requiere a los Estados Miembros: 1) identificar, por medio de vigilancias o por otro estudio apropiado, aquellas actividades laborales que pueden ser de interés, 2) poner en práctica los medios apropiados para vigilar las exposiciones en las actividades laborales identificadas y según sea necesario, 3) aplicar en su totalidad o parcialmente el sistema de protección radiológica para prácticas o intervenciones según se prescribe en otra parte de la Directiva.

ALCANCE DE LA DIRECTIVA EN LO QUE SE REFIERE A LAS FUENTES NATURALES DE RADIACIÓN

La Directiva, en lo que concierne a la exposición a fuentes naturales de radiación se aplica a:

- 1) La utilización de radionucleidos naturales que son o han sido procesados debido a sus propiedades radiactivas, físis o fértiles. Estos casos son considerados como prácticas y por tanto se aplican todas las disposiciones de la Directiva para las prácticas.
- 2) Las actividades laborales en las cuales la presencia de fuentes naturales de radiación conducen a un signifi-

cativo incremento de la exposición de los trabajadores o de miembros del público. El término actividades laborales se utiliza en lugar de prácticas para enfatizar la distinción de que la radiación natural está presente, pero los radionucleidos naturales no han sido ni son procesados, en vista de sus características de radiactividad, de fisibilidad o fertilidad. Para esas actividades laborales, la Directiva se aplica de acuerdo a lo establecido en el Título VII.

La Directiva no se aplica a la exposición al radón en viviendas o a niveles naturales de radiación, tales como los radionucleidos contenidos en el cuerpo humano, la radiación cósmica habitual a nivel del suelo o la exposición sobre el suelo debida a los radionucleidos presentes en la corteza terrestre. Con referencia al radón en viviendas, sigue siendo válida la Recomendación de la Comisión de 1990 [2]. Varios Estados Miembros han adoptado los niveles de referencia establecidos en la Recomendación, 400 Bq/m³ para acciones correctoras en viviendas existentes y 200 Bq/m³ como nivel de diseño para nuevas viviendas.

IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES LABORALES QUE INVOLUCRAN EXPOSICIÓN A FUENTES NATURALES DE RADIACIÓN

Radón y radiación gamma en los lugares de trabajo

El gas radón (²²²Rn) es uno de los productos de decaimiento de la serie radiac-



tiva que comienza con el uranio (^{238}U). Todos los materiales terrestres contienen trazas de uranio natural y, en consecuencia, el radón es producido en todo terreno. Cuando entra en la atmósfera se dispersa ampliamente y por ello las concentraciones en el exterior de edificios son bajas. No obstante, a medida que el radón entra en los edificios, por ejemplo, a través del suelo, puede incrementarse la concentración en el interior. La concentración en el interior de edificios depende en gran medida de las características del suelo, los detalles estructurales de los edificios y las propiedades y eficiencia de la ventilación interior. En consecuencia, las variaciones entre diferentes edificios y regiones son muy amplias.

A los Estados Miembros se les requiere identificar las áreas en las cuales la alta concentración de radón sobre el nivel del suelo puede causar una exposición significativa a los trabajadores. También se requiere la identificación de otros lugares de trabajo donde puedan existir concentraciones elevadas de radón tales como minas y otros lugares subterráneos.

Un requerimiento similar se formula para las exposiciones al gas torón (^{220}Rn), el cual es un producto de decaimiento del torio (^{232}Th). Sin embargo, son muy raros los casos en los cuales se espera que el torón pueda concentrarse en el interior de edificios. Ello se debe a su corto período de semidesintegración (sólo unos 55 segundos). El período de semidesintegración del radón es de unos 3.8 días.

Por otra parte, también deben indentificarse los lugares de trabajo donde puede existir una significativa exposición externa debida a la radiación gamma. Estas situaciones pueden darse, por ejemplo, debido al elevado contenido de radionucleidos naturales en los materiales terrestres, alrededor de cavidades o en las estructuras de edificios.

USO DE MATERIALES Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Existen algunas materias primas de uso generalizado que contienen niveles elevados de radionucleidos naturales. Un buen ejemplo lo constituyen las materias primas de fosfatos y arenas de circón. Estos materiales no son, en general, considerados como radiactivos pero, en algunas circunstancias, la manipulación de los mismos puede causar una exposición significativa de los trabajadores o de miembros del público. Las vías de exposición importantes pueden ser la irradiación gamma externa, la inhalación de polvos o, en algunos casos, el radón si se procesan en el interior de edificios cantidades importantes de materiales conteniendo radionucleidos de la serie del uranio.

Aún en industrias cuyas materias primas contienen sólo cantidades pequeñas de radionucleidos, éstos pueden concentrarse significativamente en alguna fase del proceso. A título de ejemplo puede citarse la precipitación del radio en las tuberías de las industrias de gas y petróleo o la volatilización de ^{210}Pb y ^{210}Po en algunos procesos térmicos y su acumu-

lación en filtros de chimeneas. Las operaciones de limpieza pueden producir una exposición significativa a los trabajadores, y la gestión de los residuos generados puede también conducir a una exposición significativa de miembros del público. Los residuos de algunas industrias también pueden contener niveles incrementados de radionucleidos. La disposición final o la reutilización de esos materiales pueden tener alguna significación, especialmente con respecto a la exposición del público.

OPERACIÓN DE AVIONES

A los Estados Miembros se les requiere que hagan los arreglos necesarios para identificar, en las operaciones de los aviones, a aquellos miembros de las tripulaciones que podrían recibir, durante los vuelos, una dosis efectiva superior a 1 mSv por año debido a los niveles más elevados de radiación cósmica.

OTRAS FUENTES

Los Estados Miembros tienen también la función de identificar las actividades laborales que puedan ser de interés y, además, cualquier otro tipo de actividades no mencionadas explícitamente. Algunos Estados Miembros podrían considerar que ciertos materiales de construcción contienen niveles elevados de radionucleidos naturales y que causen exposiciones significativas en miembros del público. Tal vez un caso similar podría darse si las aguas de uso doméstico o embotelladas distribuidas comercialmente contienen radionucleidos natu-

rales en una cantidad tal, que su consumo podría implicar una exposición significativa en miembros del público.

MEDIDAS A TOMAR SOBRE LAS ACTIVIDADES LABORALES IDENTIFICADAS

Vigilancia de las exposiciones

Los Estados Miembros, para cada actividad laboral identificada, deben establecer requerimientos apropiados para vigilar las exposiciones. La Directiva provee información apropiada para ser utilizada cuando sea necesario estimar las dosis efectivas. En lo que respecta al radón es bien conocido que existe algún grado de incertidumbre en las conversiones a dosis y que los factores pertinentes pueden cambiar en el futuro. Por el momento, y para obtener estimaciones uniformes, en la Directiva se ha adoptado como convención de una conversión de 1,4 Sv por $J.h.m^{-3}$ para la progenie del radón (dosis efectiva por unidad de exposición a la energía alfa potencial) para el cálculo de dosis a los trabajadores. Si se asume un tiempo anual de trabajo de 2000 horas y un factor de equilibrio de la progenie del radón de 0,4 se obtiene como estimación que $100 Bq.m^{-3}$ en un lugar de trabajo produce una dosis efectiva anual de unos 0,6 mSv.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

Según la naturaleza de la actividad laboral y de los resultados de la vigilancia debe requerirse, según sea necesario,

la aplicación total o parcial del sistema de protección radiológica para intervención o para prácticas según se prescribe en otras partes de la Directiva. En el último caso también se aplican los límites de dosis para prácticas.

Con respecto a la exposición de la tripulación de aviones, las empresas deberán evaluar la exposición de los miembros de tripulaciones que puedan recibir dosis mayores de 1 mSv por año y tener en cuenta la exposición evaluada en la organización de planes de vuelo tendente a reducir las dosis en los tripulantes con altas exposiciones. La empresa debe informar a los trabajadores sobre los riesgos para la salud que involucra su trabajo. También es de aplicación el Artículo 10 (ver Anexo) sobre la protección durante el embarazo.

IMPLANTACIÓN DEL TÍTULO VII EN LOS ESTADOS MIEMBROS

Algunos Estados Miembros ya han incluido disposiciones sobre la radiación natural en su legislación nacional pero, para muchos otros, estas cuestiones resultan ser bastante nuevas. A ello se agrega que, entre los Estados Miembros, varía la importancia relativa de las fuentes de radiación natural comparadas con otras fuentes de irradiación. Consecuentemente, la aproximación utilizada en el Título VII es más bien genérica, dando flexibilidad a los Estados Miembros para que tengan en cuenta las características nacionales. Sin embargo, sería de indudable beneficio si los Estados adoptaran aproximaciones similares para la identifi-

cación de las actividades laborales relevantes, para la adopción de medidas correctoras y para la aplicación del sistema de protección radiológica para las exposiciones de los trabajadores y del público. La armonización en abordar la cuestión es casi esencial en las actividades operadas internacionalmente, y en especial, en la operación de aviones. Del mismo modo, las implicaciones económicas de los controles impuestos a las industrias que procesan materias primas como, por ejemplo, la industria de los fosfatos, pueden requerir unas políticas armonizadas. Esta necesidad ha sido reconocida por el Grupo de Expertos para la aplicación del artículo 31 del Tratado Euratom. Un subgrupo de trabajo ha sido establecido para preparar guías técnicas, luego de la aprobación por el Grupo de Expertos, y recomendaciones para la implantación del Título VII. Este subgrupo ha finalizado su trabajo y unas guías técnicas y recomendaciones serán publicadas próximamente.

ESTUDIOS DE LA COMISIÓN EUROPEA EN RELACIÓN CON LAS ACTIVIDADES LABORALES

La Dirección General XI ha acometido un estudio sobre "Establecimiento de niveles de referencia para el control regulador de lugares de trabajo en los cuales se procesan materiales con elevados niveles de radionucleidos naturales". El trabajo tiene la intención de obtener niveles de referencia para la identificación de aquellas industrias para las cuales la exposición de los trabajadores podría requerir un control regulador. Los niveles



de referencia serán expresados en términos de concentración de actividad y serán consideradas tanto situaciones realistas prudentes como poco probables. Los escenarios de exposición estarán basados en una revisión de las industrias relevantes de la Unión Europea. El trabajo se espera finalice en la mitad de 1997.

La Dirección General XI ha lanzado también un estudio sobre la radiactividad de los materiales de construcción. En este trabajo serán revisadas las concentraciones de actividad de los materiales de construcción más comunmente utilizados en la Unión Europea. Asimismo será formulada una propuesta sobre criterios de protección radiológica. Este trabajo también se espera sea finalizado en la mitad de 1997.

La unidad de gestión de residuos radiactivos de la DGXI está, también, a punto de finalizar un documento de tra-

bajo sobre los materiales que contienen radionucleidos de origen natural.

CONCLUSIONES

Las nuevas Normas Básicas requieren que sea tenida en cuenta la exposición a las fuentes naturales de radiación en los lugares de trabajo o bien originadas por actividades laborales. De este modo se reconoce la necesidad de proteger a los trabajadores y al público en situaciones específicas. Las situaciones de interés pueden ser muy diferentes en distintos Estados Miembros y los mismos pueden identificar muy distintas posibilidades para las acciones de remedio o para el control regulador apropiado. Así es que, para la implantación de las disposiciones, se deja flexibilidad a los Estados Miembros, excepto en el caso de la protección de tripulaciones de aviones contra la radiación cósmica, en los cuales resulta evidente la necesidad de una armonización. También

existe necesidad de armonización en otras situaciones así como en los asesoramiento a las autoridades competentes. El programa de trabajo del Grupo de Expertos para la aplicación del Artículo 31 del tratado Euratom, así como los estudios puestos en marcha por los servicios de la Comisión Europea, contribuirán muy pronto a proporcionar ese asesoramiento.

REFERENCIAS

- [1] Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the danger arising from ionising radiation.
- [2] Commission recommendation 90/143/Euratom of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon

ANEXO

Título VII de la Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad *Incremento significativo de la exposición debida a fuentes naturales de radiación*

Artículo 40. Aplicación.

1. El presente Título se aplicará a las actividades laborales no reguladas por el apartado 1 del artículo 2 en las que la presencia de fuentes naturales de radiación dé lugar a un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

2. Cada Estado miembro garantizará que se lleve a cabo la identificación, mediante estudios u otras medidas adecuadas, de las actividades laborales que puedan constituir motivo de preocupación. Estas incluirán, en particular:

- a) actividades laborales en que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público, estén expuestos a la inhalación de descendientes de toron o de radon o a la radiación gamma o a cualquier otra exposición en lugares de trabajo tales como establecimientos termales, cuevas, minas, lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas;
- b) actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales, que habitualmente no se consideran radiactivos, pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo

de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público;

c) actividades laborales que generen residuos, los cuales no se consideren habitualmente radiactivos, pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo en la exposición de los miembros del público y, en su caso, de los trabajadores.

d) operación de aviones.

3. Los artículos 41 y 42 se aplicarán en la medida en que los Estados miembros hayan declarado que la exposición a estas fuentes naturales de radiación debida a las actividades laborales identificadas con arreglo al apartado 2 del presente artículo debería ser objeto de especial atención y estar sujeta a control.

Artículo 41. *Protección contra las exposiciones a las fuentes terrestres de radiación natural.* Los Estados miembros podrán exigir, para cada actividad laboral que declaren pertinente, la aplicación de dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones y, cuando sea necesario:

- a) la aplicación de acciones correctoras destinadas a reducir las exposiciones de acuerdo total o parcialmente con el Título IX;
- b) la aplicación de medidas de protección radiológica de acuerdo total o parcialmente con los Títulos III, IV, V, VI y VIII.

Artículo 42. *Protección del personal de tripulación de aviones.* Cada Estado miembro adoptará las disposiciones necesarias para que las compañías aéreas tomen en consideración la exposición a los rayos cósmicos del personal de tripulación de aviones que pueda estar expuesto a más de 1 mSv al año. Las empresas tomarán las medidas oportunas, en particular:

- evaluarán la exposición del personal de que se trate;
- tendrán en cuenta la exposición evaluada al organizar los planes de trabajo, a fin de reducir la exposición en el caso del personal de tripulación más expuesto.



Felicidades

La Junta Directiva de la S.E.P.R., así como el Comité Científico y el Comité de Redacción de **RADIOPROTECCION**, desean a nuestros lectores unas felices fiestas y un próspero año 1997.

SOCIOS COLABORADORES SEPR

AGFA 



PHILIPS

IBERDROLA

enresa



INITEC



SIEMENS

H. Cornic, S.L.

INSTRUMENTOS CIENTIFICOS E INDUSTRIALES



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

3M



CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ



COFRENTES
CENTRAL NUCLEAR



UNION FENOSA

CENTRAL NUCLEAR "JOSE CABRERA"

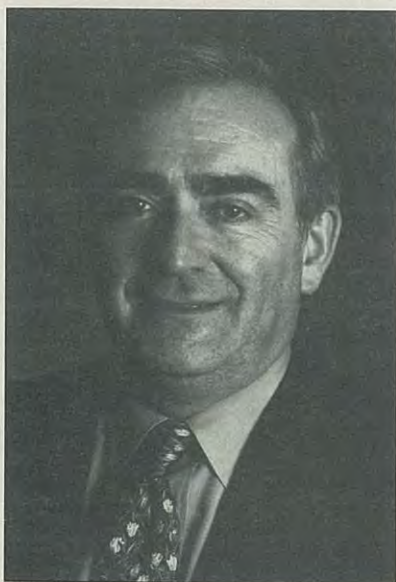


**CENTRAL NUCLEAR
VANDELLOS II A.I.E.**

La Revista "Radioprotección" quiere expresar su agradecimiento a las empresas que han prestado su colaboración durante este año.

D. Alfredo Llorente, Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española

“La función principal del Foro tiene que ser comunicar cuál es la realidad de la energía nuclear de un modo creíble”



Alfredo Llorente Legaz, Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española y Presidente de ENUSA, nos comenta en esta entrevista las características principales del recientemente denominado Foro de la Industria Nuclear Española, cuyo objetivo principal es hacer llegar la realidad de esta energía a importantes campos de la población en los que existe un gran desconocimiento sobre el alcance de una energía que Alfredo Llorente califica como “segura, limpia y económica”.

Cuáles han sido los motivos que han propiciado el reciente cambio de denominación y de estructura del Forum Atómico Español por Foro de la Industria Nuclear Española?

Respuesta: Los motivos que han propiciado el cambio de denominación y de estructura del Forum Atómico Español, hay que buscarlos en una renovación de esta institución, movida por un intento de acercarse más a la realidad que tiene la energía nuclear en estos momentos en nuestro país. En este sentido, entre los asociados de esta agrupación de empresas, existe un sentimiento de que la percepción que se tiene por parte del público respecto de la energía nuclear, no se corresponde con la realidad de esta energía en el panorama energético y en el panorama económico del país y el cambio tanto en la denominación, como en la estructura y sus objetivos inmediatos y planes de actuación, hay que explicarlo atendiendo a este propósito de intentar que la percepción sea más acorde con la realidad.

P: Desde su creación en 1962, ¿qué trayectoria histórica ha seguido esta institución hasta nuestros días?

R: En los treinta y cuatro años de existencia de esta institución, desde su creación en 1962, ha podido vivir las grandes etapas que se pueden distinguir en el desa-

rollo de la energía nuclear en nuestro país: una primera etapa de pioneros de la energía nuclear, cuando se lanzaron los proyectos de las centrales llamadas de primera generación; una etapa posterior con el gran impulso que supusieron las centrales de segunda y tercera generación y, a partir de mediados de los 80, una etapa en que comienza la moratoria nuclear y la reducción de los proyectos de nuevas centrales, incluso la desaparición de esos proyectos en la mayoría de los países de nuestro entorno. La trayectoria que ha seguido el Forum Atómico se ha adecuando a estas etapas por las que atravesaba la energía nuclear en nuestro país en los últimos años y ha centrado su actuación en una labor muy meritoria de divulgación de la realidad de la energía nuclear, en los medios docentes y a través de publicaciones, que han sido valoradas muy positivamente por la audiencia a la que ha tenido acceso. Sin embargo, en esta fase por la que atraviesa ahora la energía nuclear de limitarse a las instalaciones existentes y con un problema claro de aceptación pública, creemos que la actuación debe intentar abordar a otros estamentos de la sociedad.

P: ¿Qué funciones y alcance tiene este Foro en el conjunto de la Industria de la Energía Nuclear en España?

R: La función principal del Foro, como ya he dicho antes, tiene que ser comunicar cuál es la realidad de la energía nuclear, y

comunicarla de un modo creíble, lo que supone, evidentemente, veracidad por encima de todo, y dirigiéndose a los ámbitos de la sociedad que se denominan en el mundo de la comunicación, como prescriptores de opinión. En este sentido, las funciones y el alcance del nuevo Foro son funciones comunicadoras, sin abandonar las de divulgación a través de seminarios, cursos y publicaciones, que ya se venían haciendo. Sintetizando, creo que podemos decir que la nueva función consistirá en dirigirse al mundo de la comunicación -de la prensa-, al mundo de la política y al mundo de la docencia. Con ello, y con una presencia continua creo que podríamos alcanzar una cuota de "audiencia" importante.

P: ¿Cuál va a ser la nueva estructura del Foro de la Industria Nuclear Española?

R: El Foro se estructura en primer lugar, en cuatro grupos de socios: un primer grupo de productores de electricidad con energía nuclear; un segundo grupo de proveedores de bienes de equipo para esta industria; un tercer grupo de proveedores de ingeniería... y, por último, empresas que, sin ser exclusivamente de actividad relacionada con la energía nuclear, prestan servicios importantes a esta industria.

Por otro lado, en cuanto a Organos de Gobierno, existe la Asamblea General, un Consejo de Dirección, una Comisión Permanente y hay un Director General, a tiempo completo y una presidencia rotatoria, con un mandato de dos años, para la cual, en su primer mandato, he tenido el honor de ser elegido por los restantes compañeros de esta Asociación.

P: ¿Cuáles son los objetivos establecidos para esta nueva etapa?

R: Los objetivos de la nueva etapa son varios, si bien, como ya he comentado, se pueden todos centrar en una palabra: Comunicación, y, además una comunicación dirigida hacia campos de población no familiarizados necesariamente con la energía nuclear. Decimos con frecuencia que esta nueva etapa se va a caracterizar porque vamos a dejar de dirigirnos continuamente a los miembros integrantes de esta industria -a los expertos- que ya conocen lo suficiente de esta energía y no vemos la necesidad ni de organizar reuniones ni de dirigirnos directamente a ellos. Por el contrario, debemos hacer una labor de comunicación para estamentos importantes que no conocen la realidad de nuestra energía y tratar, mediante la aportación de información veraz, que se vaya conociendo mejor.

P: ¿Qué importancia real tiene la industria nuclear española en el ámbito de la Unión Europea?

R: La importancia de la industria nuclear española, en términos nacionales o comparativamente en el ámbito de la Unión Europea, puede medirse de varias maneras, pero hay dos formas que destacan por su sencillez y por el rigor de la medida sobre las demás, una es qué porcentaje de la energía eléctrica del país se produce con energía nuclear; la otra qué potencia instalada existe en centrales nucleares en el país. En el primer caso, un tercio, es decir el 33% de la electricidad que se produce en España, lo es con centrales nucleares y esta cifra nos coloca en la Unión Europea en cuarto lugar, después de Francia, Bélgica y Suecia, y por delante de Alemania, Gran Bretaña... y otros países de la Unión Europea con programa nuclear. Con el otro índice -potencia nucle-

ar instalada-, estamos, en la Unión Europea, en quinto lugar, después de Francia, Alemania, Gran Bretaña y Suecia. También, y para insistir en la importancia de esta industria, se pueden aportar algunos datos económicos como el valor de la producción de esta industria, que supera los 600.000 millones de pesetas al año o el número de personas a las que da trabajo, que está por encima de las 12.000... o algunos otros datos económicos que revelan que, efectivamente, es una industria de importancia; por ejemplo en España representa, en números redondos, un 1% del Producto Interior Bruto.

P: ¿Puede el Foro de la Industria Nuclear Española contribuir al desarrollo de la protección radiológica?

R: Yo creo que la contribución del Foro a la protección radiológica va, más que a su desarrollo, al conocimiento de cómo, desde la industria nuclear, la protección radiológica es algo que se viene aplicando con rigor, lo que permite cumplir los límites establecidos por la legislación en cada momento. En este sentido yo creo que se puede destacar cómo el adaptarnos a los nuevos límites de dosis que establece la normativa ICPR-60 no supone un gran trastorno para la industria puesto que, en muchos casos, esos nuevos límites que, como es bien sabido, reducen de modo importante los existentes hasta ahora, ya se venían cumpliendo en muchos casos.

P: ¿Está previsto que el Foro mantenga algún tipo de colaboración con las sociedades científicas relacionadas con la seguridad y la protección radiológica?

R: El Foro va a mantener colaboraciones con otras asociaciones que tienen

relación con la industria nuclear; entre ellas, evidentemente, con las sociedades que usted menciona relacionadas con la seguridad y la protección radiológica, si bien yo querría insistir en el objetivo claro del Foro de hacer llegar la realidad de esta energía a importantes campos de la población en los que la experiencia diaria nos demuestra que existe un gran desconocimiento sobre nuestras actividades.

P: ¿Cuál es la importancia que usted concede y qué tipo de actividades van a realizar para poner en conocimiento del público los riesgos radiológicos y los medios de seguridad y protección de que se dispone para controlarlos y hacer que el impacto sea prácticamente despreciable?

R: La importancia de que el público conozca los riesgos radiológicos y las medidas de que se dispone para controlarlos y para hacer que su impacto sea despreciable es muy elevada, porque el rechazo hacia la energía nuclear, en gran parte, parece fundamentarse en un temor a los riesgos radiológicos que conlleva. En este sentido, uno de los frentes importantes en los que debe basarse la comunicación relativa a la energía nuclear, es el de transmitir a la población, haciéndolo de modo que se acepte, que esos riesgos tienen un impacto muy pequeño y que están controlados. Asimismo, creo que para atacar el problema de la aceptación pública, son muy importantes las actividades que supongan la divulgación relativa a la existencia de radiaciones ionizantes en nuestro entorno, y que la radiactividad no es algo inventado de modo perverso por el hombre.

P: ¿Cuál es su opinión en cuanto al futuro, por un lado, del Foro de la Industria Nuclear Española y, por otro, de la energía nuclear en nuestro país?

R: Mi opinión, en cuanto al futuro del Foro de la Industria Nuclear Española, es que tiene un tiempo largo por delante para llevar a buen término los objetivos que se ha marcado, porque el conseguir un giro, o una variación sensible en el grado de aceptación de la energía nuclear, implica una tarea, desde luego, de medio por no decir largo plazo.

En cuanto al futuro de la energía nuclear en nuestro país, yo querría decir dos cosas: por un lado las centrales existentes, que suponen una potencia instalada de 7.400 MW y que producen un tercio, como he dicho antes, de la energía eléctrica del país, tienen, además, una vida por delante todavía importante. Hay alguna central -dos en concreto-, que ya han cumplido los veinticinco años de funcionamiento, pero hoy en día todo parece indicar que técnicamente estas centrales, con un adecuado mantenimiento y con las adaptaciones necesarias a los nuevos avances técnicos, pueden tener una vida no inferior a cuarenta años. Esto hace que podamos pensar en que el parque actual va a seguir funcionando bastantes años todavía.

Es difícil, por otra parte, imaginar que en estos momentos se pueda pensar en la instalación de nuevas centrales y ello, fundamentalmente, por dos razones: una es la falta de aceptación pública de este tipo de energía y otra es el exceso de capacidad instalada que tiene nuestro sistema eléctrico que hace que realmente no sea necesario, por el momento, la instalación de grandes grupos de producción de energía eléctrica.

Sin embargo, mirando con un horizonte un poco más amplio, sí querría destacar que la energía nuclear tiene a su favor tres características que la hacen atractiva: la primera es la seguridad, a pesar del ruido que ha introducido el desgraciado accidente de Chernobyl, lo cierto es que la energía nuclear es un medio de producción de electricidad muy seguro. En segundo lugar es limpia, puesto que no produce ni CO₂, ni SO₂ ni NO_x; sí produce residuos radiactivos pero estos residuos el problema que hoy en día presentan no es sino un problema político, de dónde ubicar su almacenamiento, pero técnicamente se sabe como tratarlo. En tercer lugar, es una energía económica, siempre que la inversión pueda realizarse en términos eficientes, sin grandes retrasos regulatorios y sin grandes escaladas de las divisas fuertes que en el pasado sirvieron para financiar este tipo de centrales. Con esas tres características, repito: segura, limpia y económica, yo creo que la energía nuclear de fisión, y con los avances técnicos a que continuamente se la está sometiendo, tiene un futuro asegurado en el largo plazo.

P: ¿Qué mensaje enviaría a los lectores de "RADIOPROTECCION"?

R: A los lectores de "Radioprotección" yo les trataría de transmitir el mensaje, o más que mensaje, la petición de que, ya que tratamos con una materia como es la radiactividad, que es difícil de comprender, que es difícil de detectar con los cinco sentidos de que estamos dotados los humanos, todos tenemos una obligación de transmitir, en la mejor manera de que seamos capaces, las realidades de cómo el hombre ha sabido aprovechar este fenómeno natural que es la radiactividad y que en sus aplicaciones pacíficas, no hace sino redundar en el bienestar de la humanidad.

Sobre la traducción al español de las magnitudes operacionales adoptada en la versión española de la publicación ICRP-60, editada por la SEPR

Permítame en primer lugar, y a modo de introducción, una descripción muy breve de las principales magnitudes usadas actualmente en el ámbito de la radioprotección. Pido disculpas por lo que es y se puede considerar evidente y conocido, pero estimo que el carácter conceptual de esas magnitudes guarda una relación estrecha con el título de esta carta.

Es de todos conocido que la "magnitud básica" en radioprotección es la "dosis equivalente", H , en un punto de un tejido. Se define como el producto de Q y D , donde D es la dosis absorbida y Q es el factor de calidad en ese punto. H es pues una función de punto y se estableció conjuntamente por ICRU e ICRP en 1962.

En protección radiológica, sin embargo, interesa y es más útil utilizar valores medios o promediados sobre un tejido u órgano, T . Promediados Q y D sobre la masa de ese tejido dan lugar a valores de Q_T y D_T y su producto a la "dosis equivalente media", H_T , en ese tejido u órgano. El sumatorio de las dosis equivalentes medias en algunos órganos ponderadas previamente con el denominado factor de ponderación de tejido, w_T , conduce, como todos sabemos, a la "dosis equivalente efectiva", H_E . Ambas magnitudes, a las que ICRP impone unos límites, son conocidas en general como "magnitudes limitadoras" ICRP. Por razones obvias, no son magnitudes función de punto y para el caso de irradiaciones procedentes de fuentes externas dependen del campo de radiación ambiental y del tamaño y orientación del cuerpo en este campo, ya que tanto D_T como Q_T dependen del tipo y energía de la radiación existente en el órgano de interés. Por supuesto, y en aplicaciones prácticas, se hacen aproximaciones sobre Q_T , en cuyos detalles no voy a entrar.

Por razones obvias las "magnitudes limitadoras" son esencialmente inmedibles en un individuo determinado colocado en un

campo de radiación arbitrario. Por ello se deben estimar y entramos en las denominadas "magnitudes operacionales" ICRU. Son, en esencia, magnitudes que se usan en la práctica de la radioprotección para irradiación externa y que se aceptan como aproximaciones razonables de las "magnitudes limitadoras", H_T y H_E , bien por debajo de los límites establecidos por ICRP. Son las denominadas "dosis equivalente ambiental" $H^*(d)$ "dosis equivalente direccional" $H'(d, \Omega)$ y "dosis equivalente personal" $H_p(d)$. Estas magnitudes se basan en la "dosis equivalente" existente en un punto de un maniquí o del cuerpo y se relacionan con el tipo y energía de la radiación existente en ese punto. Son, en consecuencia, magnitudes función de punto, emplean lógicamente el factor de calidad, Q , y se derivan directamente de la magnitud básica, H .

En la Tabla 1 se resumen las magnitudes descritas junto con la denominación original inglesa.

Como puede observarse en las dos últimas columnas de la Tabla 1, la legislación y toda la literatura científica española del tema empleó y sigue empleando por ahora el término "dosis equivalente..." como traducción del término inglés "... dose equivalent". Esta traducción, por supuesto errónea, se había olvidado y sólo se recordaba cuando acercándose a la literatura francesa del tema se observaba el uso del término "équivalent de dose" para la magnitud básica.

La traducción hubiera quedado olvidada y bien olvidada si no hubiera sido por ICRP, que en sus Recomendaciones de 1991, expuestas en el documento ICRP-60, introducía dos nuevas "magnitudes limitadoras" muy diferentes conceptualmente de las anteriores. Se abandona el factor de calidad promediado sobre un órgano, Q_T , y se introduce un factor de ponderación de radiación, w_R , que sólo iba a depender del tipo y energía de la radiación inci-

TABLA 1. Magnitudes principales usadas actualmente en el ámbito de la radioprotección

| Apelativo de la magnitud | Carácter | Símbolo | Denominación española | Denominación inglesa |
|--------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Básica | Función de punto | H | Dosis equivalente | Dose equivalent |
| Limitadoras | Valor medio | H_T | Dosis equivalente media | Mean dose equivalent |
| | Valor medio | H_E | Dosis equivalente efectiva | Effective dose equivalent |
| Operacionales | Función de punto | $H^*(d)$ | Dosis equivalente ambiental | Ambient dose equivalent |
| | Función de punto | $H'(d, \Omega)$ | Dosis equivalente direccional | Directional dose equivalent |
| | Función de punto | $H_p(d)$ | Dosis equivalente personal | Personal dose equivalent |

dente sobre el cuerpo, en el caso de irradiaciones externas, y de las radiaciones emitidas por una fuente, en el caso de irradiaciones internas. No iba a depender, en consecuencia, del tipo y energía de la radiación existente en el órgano de interés, como era el caso de Q_T . Aplicado el factor w_R a la dosis absorbida promediada sobre un tejido T, y aplicado un sumatorio para todas las radiaciones, R, que producen las diferentes dosis absorbidas promediadas en un tejido T, da lugar a la nueva magnitud limitadora que para no complicar más las cosas designaremos con el mismo símbolo que tenía su correspondiente magnitud antes de la aparición del documento ICRP-60, o sea, con H_T . El mismo concepto se iba a extender a su equivalente anterior, la "dosis equivalente efectiva". Estábamos pues en presencia de dos magnitudes limitadoras conceptualmente diferentes de las anteriores, y aparecía como obvio el darles nuevos nombres, y así lo hizo ICRP. En su denominación inglesa son "equivalent dose" en un tejido u órgano, H_T , y "effective dose", E, simplificación acertada del término "effective equivalent dose". Esta feliz idea de invertir las palabras ponía en evidencia y sobre el tapete la traducción errónea señalada anteriormente. Por supuesto, no podíamos emplear el término "dosis equivalente" para la "magnitud básica" y "magnitudes operacionales", por un lado, y para las nuevas "magnitudes limitadoras", por otro.

Ante esta situación cabían dos alternativas, y digo dos porque una es la que propone en lo sucesivo el firmante de esta carta, y la segunda la que se adoptó en la traducción del inglés del documento ICRP-60, editada por la SEPR. Las llamaremos A y B, respectivamente.

ALTERNATIVA A

Consiste en adoptar la solución más lógica, como es el deshacer el entuerto que supuso la traducción errónea de los años 60. El inconveniente, si se puede llamar como tal a corregir lo que se tradujo mal, es el introducir un término no familiar, como es el "equivalente de dosis" para la "magnitud básica" y las "magnitudes operacionales" (véase Tabla 2).

Salvo el inconveniente de adaptarse al nuevo término, por otro lado no tan complicado, esta alternativa, por ser lógica, se comprendería perfectamente en el ámbito de la enseñanza y de la práctica de la protección radiológica. Se respeta, obviamente, la relación, carácter conceptual-terminología y, por supuesto y de paso, dejamos resuelto a las generaciones venideras los problemas de traducción que inadvertidamente se originaron en los años 60.



TABLA 2. Alternativa A

| Apelativo de la magnitud | Carácter | Símbolo | Denominación española | Denominación inglesa |
|--------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Básica | Función de punto | H | Dosis equivalente | Dose equivalent |
| | Valor medio | H_T | Dosis equivalente | Equivalent dose |
| Limitadoras | Valor medio | E | Dosis efectiva | Effective dose |
| | Función de punto | $H^*(d)$ | Equivalente de dosis ambiental | Ambient dose equivalent |
| Operacionales | Función de punto | $H'(d, \Omega)$ | Equivalente de dosis direccional | Directional dose equivalent |
| | Función de punto | $H_p(d)$ | Equivalente de dosis personal | Personal dose equivalent |

ALTERNATIVA B

Consiste en adoptar una solución tendente a que en el ámbito de la práctica de la radioprotección no se use ese término no familiar de "equivalente de dosis", aunque sí debe aparecer, por inevitable, en la magnitud básica, ya que el uso del término familiar "dosis equivalente" para esta magnitud, la confundiría con las magnitudes limitadoras. Para ello (véase Tabla 3), se traduce bien la magnitud básica y, por supuesto, las limitadoras y se mantiene o se sigue traduciendo mal, las magnitudes operacionales.

Con esta alternativa, se consiguen dos inconvenientes, uno fácilmente imaginable, y otro quizás no tanto, pero sí más grave por ser de carácter conceptual.

El primero se refiere a la traducción, al hacerla de manera correcta en la magnitud básica y no en las magnitudes operacionales. Se corre el riesgo de confundir al lector hispano que lea textos del tema en inglés, a la vez que se espera, cuando pase a los textos en español, que comprenda el aparente trauma que representaba hoy en día el utilizar, por ejemplo, "equivalente de dosis personal" en lugar de "dosis equivalente personal".

El segundo inconveniente es que al ser tanto la magnitud básica, H, como las magnitudes operacionales, $H^*(d)$, $H'(d, \Omega)$ y $H_p(d)$, funciones de punto y estar basadas todas ellas en el factor de calidad, Q, son magnitudes conceptualmente semejantes y muy diferentes de las magnitudes limitadoras, H_T y E (magnitudes valor medio y basadas en los factores de ponderación w_R y w_T). ¿Cómo justificar entonces en un aula que a la magnitud básica, H, la denominemos "equivalente de dosis" y a las magnitudes operacionales "dosis equivalente ambiental, direccional o personal"?

La justificación aparece en el segundo párrafo de la nota a pie de la página 16 de la traducción española de la publicación ICRP-60, y dice textualmente:

"En coherencia con el criterio anterior el lector siempre encontrará traducido dose equivalent por equivalente de dosis, salvo cuando se trata de las magnitudes operacionales del ICRU (Apartado 2.4). En este caso, al ser dichas magnitudes las utilizadas en la vigilancia ambiental y dosimetría personal en presencia de campos de radiación y, en base a ellas, estimar las magnitudes primarias (dosis equivalente y dosis efectiva), se ha preferido mantener la nomenclatura de dosis equivalente

TABLA 3. Alternativa B

| Apelativo de la magnitud | Carácter | Símbolo | Denominación española | Denominación inglesa |
|--------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Básica | Función de punto | H | Equivalente de dosis | Dose equivalent |
| Limitadoras | Valor medio | H_T | Dosis equivalente | Equivalent dose |
| | Valor medio | E | Dosis efectiva | Effective dose |
| Operacionales | Función de punto | $H^*(d)$ | Dosis equivalente ambiental | Ambient dose equivalent |
| | Función de punto | $H'(d, \Omega)$ | Dosis equivalente direccional | Directional dose equivalent |
| | Función de punto | $H_p(d)$ | Dosis equivalente personal | Personal dose equivalent |

ambiental, direccional e individual para facilitar a los operadores la transferencia de una a otra. A la misma conclusión ha llegado la versión en español de las Normas Básicas de Seguridad del OIEA que adaptan las recomendaciones de este documento."

A modo de comentario, y en una versión libre de esta justificación, se podría decir que en aras de que las magnitudes operacionales son las que se usan en la práctica rutinaria y sirven para estimar las magnitudes limitadoras, acercaremos la nomenclatura de aquéllas a estas últimas, o, en otras palabras, acercaremos el "ascua" de las magnitudes operacionales ICRU a la "sardina" de las magnitudes limitadoras ICRP. No importa que las magnitudes sean conceptualmente muy diferentes y se rompa la relación carácter conceptual-terminología, o que se pueda confundir al lector hispano de textos en inglés, lo que aparentemente importa es que los operadores en la práctica rutinaria no utilicen el término "equivalente de dosis ambiental, direccional o personal". Si lo utilizan, al parecer no se les facilitaría "la transferencia de una nomenclatura a otra". En mi opinión, si algún operador no supiera que al emplear el término anterior está usando las magnitudes operacionales, y que éstas sirven para estimar las limitadoras, habría que enviarlo a un curso de reciclado. Estoy seguro que al recor-

darle el sentido y carácter conceptual de todas las magnitudes, se declararía partidario de la alternativa A.

CONCLUSIÓN

El hecho real es que la alternativa B fue la elegida para la traducción española del documento ICRP-60 y para las versiones españolas de las Normas Básicas de Seguridad del OIEA y de la directiva europea 96/29. Aunque no me consta, pero sí lo deseo y espero, que se hayan analizado con detenimiento las ventajas que supone la alternativa A, está muy claro que no ha gozado de la preferencia de los traductores.

Si no estoy equivocado, en tres o cuatro años deberá salir a la luz un Reglamento Español adaptado a la nueva directiva europea. Este ha sido el motivo que me ha impulsado a redactar estas líneas, para tratar de exponer el tema con la mayor objetividad posible y, por supuesto, decantarme por la solución que personalmente creo la más lógica y válida a largo plazo por razones conceptuales y de coherencia en la traducción.

A. Brosed Serreta

Miembro de la Sociedad Española de Protección Radiológica

CONGRESO SEPR-6 CORDOBA, SEPTIEMBRE 1996



INTRODUCCIÓN

El 6º Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, se ha celebrado durante los días 24 al 27 de septiembre en la Facultad de Medicina de la Universidad de Córdoba. Este acontecimiento científico ha reunido a 255 expertos nacionales e internacionales en protección radiológica, contando además con la asistencia de los Presidentes de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe, de Portugal y la participación del Dr. Abel González, Director de la División de Seguridad Radiológica y Residuos del OIEA y el Dr. Vittorio Ciani, Jefe de la División de Protección Radiológica de la DG XI de la Unión Europea.

El Congreso se desarrolló gracias al extenso trabajo realizado por el Comité Organizador presidido por el Profesor Manuel Gálvez y el Comité Científico presidido por el Dr. Javier Ortega.

Esta reunión científica ha permitido conocer los trabajos que, en la actualidad, están en desarrollo en las diferentes áreas de la protección radiológica, intercambiar opiniones y establecer colaboraciones científico-técnicas en diferentes aspectos de esta materia.

Coincidiendo con el desarrollo del Congreso, se celebró la Asamblea Anual de la SEPR, reflejándose en páginas posteriores un resumen de la misma. Como es tradicional se celebró la Cena de Clausura, que este año ha tenido una relevancia especial al ser nombrados los primeros Socios de Honor de la SEPR. Los galardonados fueron Carlos Enrique Granados y Emilio Iranzo. Hay que destacar su común origen profesional, en la antigua Junta de Energía Nuclear. La presentación de los Socios la realizaron, también, profesionales de la protección radiológica del CIEMAT. Antonio Delgado hizo la presentación de Carlos Enrique Granados, quien por motivos de salud no pudo asistir y estuvo representado por Antonio Brossed. José Gutiérrez realizó la presentación de Emilio Iranzo. Fue un acto muy emotivo en el que se dejó constancia de la importante labor reali-

zada en beneficio del desarrollo de la protección radiológica.

DESARROLLO CIENTIFICO DEL CONGRESO

El programa científico estaba estructurado en ocho bloques temáticos, desarrollados en series de dobles presentaciones simultáneas, lo que permitió la exposición oral de un elevado número de ponencias. Así mismo se realizó una sesión pública en la que se presentaron las comunicaciones en forma de posters. Hay que destacar las tres sesiones plenarios, Inauguración, Mesa Redonda y Clausura, que han permitido desarrollar los puntos de referencia del Congreso: el décimo aniversario del accidente de Chernobyl, las implicaciones derivadas de las últimas Recomendaciones de ICRP y el Centenario del descubrimiento de la radiactividad natural por Becquerel.

La *Sesión Inaugural* se inició con la intervención del Presidente del Comité Organizador, Prof. Manuel Gálvez, quien agradeció la participación y colaboración a todas las Instituciones, empresas y asistentes. Fue seguida por la intervención del Dr. López Raya, en representación del Presidente de Caja Sur, quien manifestó gran interés por el desarrollo del Congreso. Dada su posición como Presidente de la Asociación de Medicina del Trabajo indicó que está en elaboración un Reglamento de Protección de

riesgos laborales que permitirá mejorar el funcionamiento de los Servicios de Medicina en el trabajo, por lo que tenía especial interés en conocer las conclusiones del Congreso cuando éste finalice. La Dra. Adela Sánchez, Decana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Córdoba, manifestó su satisfacción por la celebración del Congreso en la Facultad de Medicina y en la ciudad de Córdoba deseando mucha suerte a todos los participantes. El Presidente de la SEPR, Dr. Leopoldo Arranz, destacó la heterogeneidad profesional entre los miembros de la SEPR lo que permite un mayor desarrollo científico y técnico de la misma e hizo mención del elevado número de asistentes al Congreso. En representación del Servicio Andaluz de Salud intervino D. José Luis Temes, destacando el elevado nivel científico del programa del Congreso y manifestando el compromiso que tiene el SAS en el desarrollo de la protección radiológica en todas las instalaciones radiactivas existentes en el mismo, así como su interés por el desarrollo de las aplicaciones presentes y futuras de las radiaciones ionizantes. Esta sesión finalizó con la intervención del Prof. Carreras, en representación del Rector de la Universidad de Córdoba, indicando que Córdoba es la única provincia española que dispone de un repositorio de residuos radiactivos, razón por la que la protección radiológica tiene un significado especial en esta Universidad. Aprovechó esta oportunidad para recordar a todas las personas que han pasado por la Cátedra de Radiología de esta Universidad y pusieron las bases que han permitido el desarrollo posterior de numerosas inicia-

tivas en protección radiológica. Posteriormente declaró inaugurado el Congreso.

Tras la Sesión Inaugural el Prof. Agustín Alonso expuso la Conferencia "El Riesgo de las radiaciones: La experiencia de Chernobyl - 4".

Las **Sesiones Temáticas** han contado con un elevado número de participantes y al final de las mismas se plantearon cuestiones y discusiones de gran interés. Conviene destacar la opinión unánime entre los asistentes a las diferentes sesiones, respecto a la falta de tiempo para las presentaciones y discusiones de los temas expuestos.

Se ha elaborado un número especial de la revista **RADIOPROTECCION** que recoge 129 comunicaciones presentadas en el Congreso. Será enviado a todos los socios que no pudieron asistir al Congreso y por ello no se reflejan en esta información.

La **Sesión de Clausura** fue presidida por D. Aníbal Martín, Vicepresidente del CSN y comenzó con la Conferencia titulada "Henri Becquerel, del descubrimiento de la radiactividad a sus primeras consecuencias" presentada por el Prof. Dr. J. Dutreix, quien mostró el desarrollo histórico de las diferentes aplicaciones de la radiactividad. El texto de esta Conferencia ha sido traducido al castellano por el Prof. Javier Ortega.

La Mesa de esta sesión contó con la participación de relevantes representantes de Organismos e Instituciones rela-

cionadas con la protección radiológica, lo que confirma el importante desarrollo que está alcanzando la protección radiológica en España.

D. Aníbal Martín cedió, inmediatamente, la palabra a D. Eduardo Sollet, nuevo Presidente de la SEPR, quien destacó el éxito científico alcanzado en el Congreso. Así mismo expresó su agradecimiento por la colaboración recibida de todas las Instituciones que han ayudado a su desarrollo.

El Prof. Manuel Gálvez, Presidente del Congreso, puso de manifiesto su enorme satisfacción por el desarrollo del mismo y expresó su agradecimiento a los congresistas, ponentes invitados, Comités del Congreso e Instituciones, destacando la ayuda recibida de ENRESA y del CSN.

D. Gabriel Maganto, Director del Instituto de Medio Ambiente del CIEMAT, expuso que "desde la perspectiva que da un centro de investigación como CIEMAT dedicado a la energía y donde los aspectos relacionados con la protección radiológica son una de las actividades cotidianas, estaba en condiciones de destacar el papel realizado por la SEPR al conseguir aunar y reunir a diferentes profesionales, que, desde diferentes perspectivas, analizan un mismo problema para el que todos buscamos soluciones". Con este punto de vista indicó "...CIEMAT quiere aportar soluciones, por ello desde aquí comprometo a mi Institución para que siga apoyando y trabajando a todos los niveles.....". Finalizó su intervención destacando la enorme vinculación existente entre CIEMAT y la SEPR y haciendo refe-



rencia a los nuevos Socios de Honor de la Sociedad y al hecho de que ambos hayan tenido vinculación profesional con el CIEMAT.

D. Pedro Rivero, Director de UNESA, dejó constancia de las razones por las que asistía a esta Mesa de Clausura. "La protección radiológica es un tema de trascendental importancia y por tanto marca prioridades. La producción de energía eléctrica debe hacerse de forma limpia, segura y además económica, y requiere no olvidar la seguridad de los trabajadores y del entorno". Afirmó que "las empresas eléctricas hemos colaborado siempre con la SEPR y continuaremos haciéndolo".

D. Alejandro Pina, Presidente de ENRESA, comenzó su intervención con el reconocimiento al trabajo realizado por la SEPR. "Nosotros, en ENRESA, somos los encargados del almacenamiento de los residuos radiactivos, con garantías de seguridad para las personas y el medio ambiente. Para ello, la protección radiológica es fundamental." Expresó su agradecimiento por las opiniones emitidas por diferentes representantes de la SEPR, allí presentes, respecto a las instalaciones del Cabril en cuanto a su seguridad se refiere. "Desde aquí estímulo a la SEPR para que sus trabajos futuros sean tan provechosos como este Congreso y quiero decirles que contarán con el apoyo de ENRESA para próximos congresos, porque estamos convencidos de la importancia que tiene el trabajo que están realizando".

D. José Luis González, en representación de D. Alfredo Llorente, Presidente de ENUSA, ausente por razones profesionales, inició su intervención destacando la relación existente entre la SEPR y la SNE, reflexionando acerca de un conjunto de aspectos y problemáticas de cierta envergadura. "Entre estos aspectos merece destacarse: 1.- La aplicación de la nueva normativa sobre Protección Radiológica. 2.- La formación de nuestros profesionales. 3.- La integración de los jóvenes profesionales en el sector. Destacó el nuevo reto existente para ambas sociedades en la aplicación práctica de la nueva Directiva y de la reglamentación nacional que se derive de la misma. "En primer lugar y en relación con los nuevos límites de dosis nos constan los esfuerzos realizados por nuestras dos sociedades, desde la aparición de la Publicación ICRP -60, en 1990, para analizar y cuantificar el impacto potencial de la aplicación de la nueva normativa..." Finalizó su intervención con una especial felicitación a la Junta Directiva de la SEPR por el gran impulso dado a la Sociedad y el reconocimiento nacional e internacional conseguido, afirmando su esperanza de que esta labor desemboque en la celebración en España en el año 2004 del XI Congreso Mundial de la IRPA.

D. Aníbal Martín quiso agradecer la presencia en el Congreso de los representantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe y de Portugal, dándoles el turno de palabra. En representación de ellos realizó una improvisada intervención, D. César Arias, actual Presidente de la Federación,

quien resaltó la extraordinaria organización técnica del Congreso así como la calidad social del mismo. Puso de manifiesto la necesidad de establecer relaciones de hermanamiento entre países afines y manifestó, en nombre de la Federación, su agradecimiento a la SEPR por la invitación realizada para asistir al Congreso.

D. Leopoldo Arranz, Presidente saliente de la SEPR, expresó su satisfacción por el éxito alcanzado por este Congreso. Afirmó "...si Salamanca fué el espaldarazo internacional de la protección radiológica, Córdoba es el espaldarazo nacional..." Quiso destacar el apoyo institucional que ha tenido el Congreso, al tiempo que agradecía la participación a los Presidentes de las diferentes sesiones científicas así como a los destacados miembros de la Mesa de Clausura. Aprovechó esta oportunidad para dar las primeras informaciones en relación con el próximo Congreso Nacional, que coincidirá con el Congreso Internacional entre las Sociedades Francesa, Italiana y Española y se realizará en el año 1998, en Barcelona. Reiteró la colaboración absoluta de la SEPR con todos los organismos representados y las sociedades científicas relacionadas con la protección radiológica. Finalizó su intervención señalando el papel social de la SEPR "... debemos transmitir a la población un mensaje de tranquilidad en relación con la amplia utilización pacífica de las radiaciones..."

D. Aníbal Martín transmitió el saludo y felicitación del Presidente del CSN, quien por motivos de salud no pudo

asistir. Señaló que "La protección radiológica se encuentra en estos momentos en un punto muy interesante....Se ha podido comprobar que: 1.- Las aplicaciones médicas de las radiaciones se realizan en nuestro país en un marco cada vez más acorde con las mejores prácticas internacionales. 2.- Las actividades de investigación y desarrollo se encuentran en un frente de avance comparable al de países con mayor tradición científica que el nuestro en otros campos del saber. 3.- Las aplicaciones industriales de las radiaciones cuentan con un apoyo del sector servicios, particularizado en las unidades técnicas de protección radiológica, que permiten satisfacer una normativa exigente. 4.- El sector nucleoelectrico ha sabido asumir de una forma efectiva el principio de la optimización de la protección radiológica, haciendo que dicho principio se vaya incorporando a los planes corporativos y a la operativa de las distintas empresas eléctricas. 5.- Se ha desarrollado un buen número de trabajos en relación con la protección radiológica al paciente y las recomendaciones que al

efecto se establecen en las nuevas normas básicas del OIEA, a pesar de que dichas normas aún no se han incorporado a nuestra legislación nacional. 6.- Se han desarrollado estudios muy interesantes en relación con los niveles de radiación natural en nuestro país y con las técnicas instrumentales utilizadas para su determinación.... De todas estas actividades, este Congreso ha constituido un excelente escaparate que ha quedado de manifiesto tanto en las ponencias presentadas como en las discusiones mantenidas al respecto. Estoy seguro de que estos trabajos constituirán una excelente referencia de cara a futuras actividades reguladoras del CSN. La labor de investigación y desarrollo ha destacado estos días. Es la base de todo progreso. El CSN mantiene un continuo esfuerzo, materializado en su Programa Quinquenal de I + D , de promoción y apoyo de la investigación.... Deseo citar tres aspectos relevantes. Los efectos de las bajas dosis, la existencia o no de un umbral, la comprensión de los mecanismos más elementales de interacción de la radiación

con la materia viva; la radioecología; los aspectos de protección radiológica asociados a emergencias nucleares. Reitero la disposición del CSN para la colaboración con todos.... El CSN les invita a sostener nuevos encuentros....." Finalizó su intervención con un anuncio de gran significación. la celebración en España, en Sevilla, en noviembre del próximo año, del Congreso Internacional sobre efectos de bajas dosis de radiación sobre la salud humana, que organiza el Organismo Internacional de Energía Atómica de las Naciones Unidas. Para este Congreso, el CSN ha aceptado el honroso papel de ser su patrocinador y promotor."... Así mismo, manifestó sus felicitaciones a la nueva Junta Directiva de la SEPR y declaró clausurado el Congreso.

Todos los miembros de la Mesa de Clausura mostraron su agradecimiento a la SEPR por la invitación realizada para asistir a este acto, al tiempo que coincidieron en múltiples felicitaciones para los organizadores del Congreso y asistentes al mismo.

Mesa Redonda en el Congreso SEPR-6

LA ADAPTACION DE LAS NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES A LAS RECOMENDACIONES DE LA ICRP

En la información presentada sobre el 6º Congreso Nacional de la SEPR se ha indicado el desarrollo

de esta Mesa Redonda. Dada la importancia de las opiniones expuestas en ella, RADIOPROTECCION ofrece un resumen

de las intervenciones de los participantes en la misma, haciendo una mención especial al número de asistentes, ya que



prácticamente todos los congresistas estuvieron presentes en este importante acto científico.

La mesa estuvo constituida por: D. Abel González, Director de la División de Seguridad Radiológica y Residuos del OIEA; D. Vittorio Ciani, Jefe de la División de Protección Radiológica de la DG XI, Comisión Europea; D. César Arias, Presidente de la Sociedad Argentina de Protección Radiológica y D. Ignacio Amor, Jefe del Area de Protección de los trabajadores del Consejo de Seguridad Nuclear. Esta mesa fue moderada por D. Eugenio Gil, Subd. G. del ciclo de combustible y Residuos Radiactivos del Consejo de Seguridad Nuclear.

Eugenio Gil inició el desarrollo de esta Mesa Redonda con una explicación sobre el proceso seguido por las Recomendaciones de la ICRP. "La puesta en práctica tuvo una primera fase de difusión del conocimiento, interpretación de las Recomendaciones, discusiones en diferentes foros, congresos, reuniones científicas y en algunas organizaciones de carácter oficial como ha podido ser la NEA/OCDE donde el Comité de Protección Radiológica y Salud Pública debatió con bastante detalle el contenido de estas Recomendaciones y la posibilidad de ponerlas en práctica. La segunda fase consistió en trasladar esas Recomendaciones a Normativas Internacionales. En este sentido el Organismo Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas (OIEA) junto con otras organizaciones dio un paso importante incorporándolas a las Normas Básicas Internacionales,

que ya han sido aprobadas. Al mismo tiempo la Comisión Europea tomo la decisión de incorporar las Recomendaciones en un documento normativo de rango importante como ha sido la Directiva, recientemente aprobada, que ya tiene carácter mandatorio en nuestro país. La tercera fase es la adaptación de esas Normativas Internacionales a las Normativas Nacionales.

"En síntesis, la mesa está orientada a conocer el proceso de adaptación de las Recomendaciones de ICRP a las Normativas Nacionales".

• **D. Abel González.**

Abel Gonzalez inició su exposición reconociendo el enorme esfuerzo de armonización y colaboración internacional realizado para consensuar las Normas Básicas de Seguridad Internacionales cuya secretaría conjunta ha sido coordinada por el OIEA."Ha sido un enorme trabajo en el que han participado 60 países y numerosas organizaciones internacionales. Este proceso ha sido seguido por la Directiva de la Comunidad Europea y en este momento por numerosos países. Podemos pensar que con ello ha culminado el trabajo en protección radiológica en el sentido de que ya lo sabemos todo y que todo lo tenemos escrito, incluso en todos los idiomas, pero no es así." Por ello su presentación se centró en los aspectos todavía pendientes de conseguir. "Lo primero que no hemos conseguido es tener una base científica sólida para fundamentar nuestras regulaciones. Creíamos que la teníamos, cuando se publicó el UNSCEAR 93,

pensamos que era la puesta al día, casi final, de la radiobiología y ahora vemos que todavía nos falta saber de cosas elementales. Sabemos bastante de los efectos deterministas, también llamados efectos clínicos, es decir, de aquellos que un médico puede ver en un paciente irradiado. El accidente de Chernobyl nos ha permitido ampliar nuestro conocimiento, como bien dijo el Prof. Agustín Alonso en su conferencia. Pero en realidad sabemos mucho para una dosis aguda pero sabemos poco para una dosis crónica. Lo que hemos hecho ha sido extrapolar desde las dosis agudas pero no sabemos cuales son los niveles de dosis crónica que producen ciertos efectos clínicos que sean detectables. En las Normas Básicas del OIEA hemos hecho algunas asunciones tomadas de conocimientos de efectos en órganos y estamos trabajando sobre la base de 100 mSv por año de dosis crónica, pero realmente no hay ninguna información suficiente como para convalidarla. En las Normas europeas creo que ni siquiera se ha tenido en cuenta que éste es un problema fundamental, ya que una dosis crónica que produzca efectos clínicos detectables, obligará a un regulador a tomar decisiones en unas condiciones muy difíciles".

En cuanto a las bajas dosis nuestro conocimiento es todavía menor, indicó Abel González, "sabemos que hay respuesta adaptativa pero no sabemos ni cuánto ni cómo; hay experimentos contradictorios en este aspecto. Todos los biólogos coinciden en que a pesar de la respuesta adaptativa hay un efecto remanente, es decir que esta respuesta no es

total. Todavía no hay una explicación conjunta sobre esta respuesta adaptativa y sobre todo qué efecto tiene sobre la tasa de dosis. Como bien saben, estamos asumiendo que a dosis bajas la tasa de dosis no tiene importancia, pero si la respuesta adaptativa funciona debería haber un efecto por lo menos en la segunda derivada de la dosis y de esto sabemos poco". Señaló que otro aspecto sobre el que sabemos poco es "...la apoptosis, es decir la muerte celular programada que podría suceder después de una irradiación. En los efectos a nivel celular nos hemos concentrado tan solo en algunos genes. Con los efectos hereditarios ocurre otro tanto. Ni siquiera tenemos estudios epidemiológicos que lo corroboren. Tal vez ha sido un error haber puesto todas nuestras fuerzas en la epidemiología. Ahora deberíamos cambiar y ponerlas en la biología molecular y utilizar la epidemiología para confirmar los parámetros que tienen que obtenerse a partir de un modelo mecanístico puesto en evidencia por la biología molecular. UNSCEAR ha dado un paso en ese sentido pero los epidemiólogos se sintieron sensibilizados y finalmente, a mi entender, la situación quedó en un término medio". Abel González insiste en la necesidad de invertir esfuerzos en la base científica de la protección radiológica y no en sofisticadas regulaciones.

Siguiendo en la línea de su presentación, indicó los temas pendientes de resolver en el aspecto regulador. "En el aspecto regulador, hay también muchos temas que pese al esfuerzo realizado no los hemos tocado profundamente. Me

llamó la atención al comenzar a trabajar en las nuevas Normas Básicas, la oposición que había ante algo tan elemental en un sistema regulador, como es el hecho de que las fuentes radiactivas estén bajo un control administrativo adecuado. Yo daba por hecho que eso era algo universal, pero no es así. He visto que de los ciento veintitantos países miembros del OIEA, hay 53 que no tienen ningún sistema de control en este sentido y que además hay otros 60 países que no son estados miembros en los que la situación es todavía peor. Por otra parte, dentro de los estados llamados desarrollados algunos de ellos no tienen un sistema de control completamente operativo y otros que sólo puede decirse que lo tienen desde un punto de vista más formal que práctico. En muchos casos no se sabe donde están las fuentes. Esto es muy preocupante. En el ICRP no hay prácticamente nada sobre esto, en las Normas del OIEA, ahora, hay bastante pero hubo que presionar para que lo hubiera, mientras que en las Normas Europeas no hay prácticamente nada".

Otro tema en el que considera que se ha logrado poco es en la seguridad de las fuentes. "Voy a utilizar la palabra inglesa para que no haya equívocos; ya saben que en español sólo tenemos la palabra seguridad para definir dos conceptos diferentes, *safety* y *security*. En cuanto a la *safety* tratamos de hacer regulaciones cuantificadas en este tema, y no pudimos hacer tanto como hubieramos querido debido a las objeciones de algunos países, de manera tal que lo que tenemos en las Normas Internacionales

es poco concreto. El segundo tema es de la *Security* (*seguridad física*); en este aspecto hay todavía menos. Sólo tenemos dos párrafos en las Normas Básicas mientras que en las Europeas ni siquiera se menciona y en las normas Nacionales este tema se ignora. En estos momentos, a mi entender, es uno de los problemas más serios. Yo recibo en mi oficina denuncias casi semanales de problemas de tráfico ilícito de fuentes radiactivas y no hay ninguna norma cuantitativa".

Antes de finalizar su intervención, Abel González señaló que "...la pregunta más seria que no hemos podido responder es tan simple como la siguiente: *¿es segura la dosis que estoy recibiendo por vivir en este lugar*. Esto es algo que nos debe llevar a una reflexión. No hay elementos ni en las Normas Internacionales ni Nacionales para responder a esta pregunta con la única excepción del gas radón. Puede ser un disparate que después de realizar tantos esfuerzos en la protección, no se pueda responder a algo tan simple. Además hemos utilizado el término límite de dosis para expresar algo que no es un límite ni es una dosis. Se trata en realidad de una dosis diferencial respecto a algo que ya existe, que es la dosis debida al fondo natural y no es un límite porque puede ser superado por diferentes causas. Esto es un fallo muy grande y creo que debemos corregirlo urgentemente". Por último señaló "...que estos años de convergencia han sido muy positivos, pero al tiempo han marcado una profunda divergencia entre los profesionales de la protección radiológica y el ámbito político, siendo éste el que realmente



toma decisiones, lo que ha creado un valle entre ambos que es necesario cubrir. En caso contrario sólo estaremos haciendo elucubraciones que no servirán para mucho”

• **D. Vittorio Ciani.**

El actual responsable de la Unidad de protección Radiológica de la DGXI de la Comisión Europea, comenzó su presentación agradeciendo el esfuerzo que están realizando las Sociedades Científicas de Protección Radiológica para la implementación de la práctica cotidiana de esta especialidad.

Después de matizar sobre las diferencias básicas entre las Recomendaciones de la ICRP y las Directivas del tratado EURATOM, que tienen una obligación jurídica en cuanto a su aplicación inmediata, el Dr. Ciani hizo una síntesis sobre las dificultades habidas para la aprobación final de esta nueva Directiva sobre las Normas Básicas. Por un lado, el elevado número de países miembros que forman la UE con sus propias disposiciones jurídicas, y por otra, su renuncia a parte de su soberanía nacional, demandando a la Comisión el deber de establecer las Normas Fundamentales de PR, han producido serias dificultades para llegar a un texto coherente y consensuado.

Añadió el Dr. Ciani, en relación a las Normas Básicas internacionales que, la CE no quiso participar en la elaboración de las BSS capitaneadas por la OIEA, porque el procedimiento comunitario para fijar las Normas Básicas esta

fijado de forma muy precisa por el artículo 31 del Tratado EURATOM, que dice que estas normas jurídicas deben establecerse por el propio Consejo de la UE, participando todos los países afectados.

Una vez aclarado el difícil proceso de elaboración de la Directiva, el Dr. Ciani pasó a hablar de su contenido, basado en las recomendaciones de la ICRP, “ya que - afirma Ciani - es indiscutible que constituyen el estado del arte de la P.R., basado en un trabajo extenso y profundo, contando además con el consenso de todos los expertos de los textos definitivos. Seguir al pie de la letra lo que dice la ICRP, el grupo de expertos del Comité del artículo 31, en 1992, se definió por seguir las opciones fijadas en dichas Recomendaciones. Ciani subraya las novedades principales de esta nueva Directiva: se han introducido nuevas definiciones de dosis equivalente, dosis eficaz, nuevos factores de ponderación para órganos y tejidos, se hace una importante distinción entre práctica e intervención, se introducen nuevas disposiciones relativas a las fuentes naturales de radiación en los puestos de trabajo, a las exposiciones potenciales, al concepto de optimización con la introducción del nuevo concepto de restricción de dosis y finalmente se adoptan los nuevos límites de dosis recomendados por la ICRP.

No obstante, en 1992, el Grupo de expertos decidió un compás de espera para dar tiempo a la ICRP a que elaborase los nuevos coeficientes de incorpora-

ción de dosis efectiva para inhalación e ingestión. Asimismo, Ciani informó que el Grupo de Expertos decidió “mantener las dos categorías de trabajadores expuestos A y B, diferenciándolos por 3/10 del límite de dosis.”

“Una vez llegados los últimos trabajos de la ICRP en relación a los coeficientes de incorporación de dosis, en 1995, se pudo completar la Directiva con todas sus tablas. Finalmente, y gracias a un esfuerzo particular de la Presidencia española de la Comisión, - con el CSN de telón de fondo - se pudo finalizar la elaboración técnica en Diciembre de ese año, y aprobarse, en Mayo de 1996 por parte del Consejo de la UE, con el visto bueno del Parlamento.”

“La sensación que hemos tenido a lo largo de este largo proceso de trabajo, - dijo Ciani - es que ha surgido una cierta corriente de pensamiento contraria a la propia ICRP - particularmente fuerte en Francia -, planteando el peligro que supone delegar completamente a la ICRP la determinación de las bases científicas, lo que ha motivado una serie de discusiones difíciles que han hecho retrasar, sin duda, la elaboración de los textos definitivos.”

• **D. César Arias**

La ponencia de César Arias se centró en la adaptación de las Normas Básicas de Seguridad Radiológica del OIEA a las Normas Básicas Argentinas de Seguridad Radiológica. El Presidente de la Sociedad Argentina de Radioprotección señaló que la revisión de las Normas de su país

comienza antes de la publicación de ICRP - 60, iniciándose el proceso de modificación en el año 1994. Indicó, al comienzo de su presentación, que "El progreso de las ideas suele plasmarse en documentos que definen cambios trascendentes en la evolución de una disciplina. Es el caso de la publicación nº 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y de las Normas Básicas Internacionales de Protección Radiológica y Seguridad de Fuentes de Radiación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)". Cesar Arias señaló que este proceso de adaptación se ha realizado de forma gradual, "... ha supuesto una nueva organización institucional y está en proyecto un nuevo soporte legal". Realizó una breve síntesis de los aspectos científicos, técnicos y regulatorios más novedosos aportados por las Normas Básicas Internacionales de Seguridad Radiológica.

A continuación explicó las modificaciones introducidas en la Nueva Norma Básica de Protección Radiológica Argentina. Esta Norma, dijo "... adopta nuevos conceptos dosimétricos básicos y operativos, establece nuevos límites de dosis ocupacionales promediados en cinco años, definiendo una cláusula de excepción temporal con un máximo de 50 mSv/año hasta cinco años sólo en casos justificados. Introduce restricciones de dosis individuales para determinadas prácticas". En cuanto al Principio de Optimización indicó que "...se puede exceptuar si las dosis ocupacionales son inferiores a 5mSv/año, las dosis público son inferiores a 100

uSv/año y la dosis colectiva inferior a 10 Svpersona/año". Esta Nueva Norma refleja una mayor preocupación por los accidentes. Por ello en el caso de exposiciones potenciales "...se definen límites de probabilidad para posibles accidentes según las dosis involucradas". En cuanto a las intervenciones "...se tendrán en cuenta situaciones preexistentes naturales o accidentales, aplicando los criterios de Justificación y Optimización, definiendo niveles de referencia y estableciendo los correspondientes planes de emergencia". El documento indicado, también, demuestra una mayor preocupación por la protección del paciente, por lo que César Arias ha señalado: "...en las exposiciones médicas el Principio de Justificación será tenido en cuenta por el profesional médico responsable de la prescripción, así como el Principio de Optimización se aplicará en la adquisición de equipamiento y elaboración de protocolos de técnicas médicas, con objeto de reducir dosis innecesarias". Finalizó su presentación, haciendo mención al criterio de exención recogido en la Norma Básica Argentina que "...establece una dosis individual inferior a 10 µSv y una dosis colectiva inferior a 1 Sv-persona" y señalando la nueva política de licenciamiento y fiscalización que se llevará a cabo.

• D. Ignacio Amor.

Se recoge a continuación una síntesis de la intervención de D. Ignacio Amor, representante español en esta Mesa Redonda. Dado que nos entregó una copia escrita de su intervención, se ha

hecho una transcripción literal de algunas partes del texto.

" Como complemento de la exposición realizada por el Sr. Ciani en relación con la Directiva por la que se aprueban las nuevas normas de base de protección radiológica de la Unión Europea, me corresponde a mi comentar esta Directiva bajo la perspectiva de un organismo regulador, como es el CSN, que ha participado de forma activa en los trabajos que condujeron a la aprobación de la misma y que, como es lógico, jugará un papel relevante en el proceso de transposición de esa Directiva a nuestra legislación.

La nueva Directiva viene a actualizar y reforzar las disposiciones de las anteriores normas de la Unión Europea y suponen su adaptación a las recomendaciones de la publicación nº 60 de ICRP.

En lo que se refiere al proceso de transposición de esta Directiva a nuestra legislación nacional, que implicará la revisión de textos normativos como el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas o el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, nuestra perspectiva como Organismo Regulador es que nos vamos a encontrar con más dificultades que las que nos presentaron con motivo de la transposición de las anteriores normas básicas, a raíz de la incorporación de nuestro país a la Unión Europea.

En efecto, cuando se compara el texto de esta Directiva con el de las anteriores



normas básicas, se observa que - en muchos e importantes aspectos - las nuevas normas conceden a las autoridades reguladoras mucha más libertad de cara al desarrollo de los textos normativos nacionales.

Además, ese importante nivel de discrecionalidad que la nueva Directiva otorga a las autoridades reguladoras de los Estados Miembros aparece en artículos en los que se tratan temas de gran trascendencia práctica; baste señalar como muestra que:

- La Directiva recoge la posibilidad de que las autoridades reguladoras nacionales puedan someter a un régimen de autorización a prácticas distintas de las que a tal fin se especifican en su artículo 4.
- La Directiva recoge el principio de que son las autoridades reguladoras nacionales quienes deben establecer los niveles de desclasificación por los que posibilitan una gestión convencional de residuos radiactivos de muy baja actividad.
- La Directiva recoge la posibilidad de

que las autoridades reguladoras nacionales puedan establecer un límite de dosis anual en lugar de los 100 mSv en cinco años que se establecen como límites en su artículo 9.

- La Directiva recoge el principio de que son las autoridades reguladoras quienes deben identificar aquellas actividades que, por suponer una exposición significativa a la radiación natural, deberían quedar sujetas a algún tipo de control regulador.
- Para estas situaciones de exposición a radiación natural, la Directiva también recoge el principio de que son las autoridades reguladoras nacionales las que deciden sobre la conveniencia de adoptar medidas correctoras para disminuir la dosis.
- Por último, destacar que la Directiva otorga una total discrecionalidad a las autoridades reguladoras en lo que a exposiciones potenciales se refiere.

En resumen, el importante nivel de discrecionalidad que la nueva Directiva europea otorga a las autoridades regu-

ladoras nacionales supone que algunos temas de gran trascendencia práctica quedan mucho más abiertos que en las anteriores normas básicas; esta circunstancia hace que en el proceso de transposición de la Directiva a las legislaciones nacionales, las autoridades reguladoras se van a encontrar con serias dificultades, debiendo desarrollar criterios cualitativos y cuantitativos en algunas temáticas para las que estos criterios no están claros.

No es por ello de extrañar que bastantes delegaciones valoraran como escaso el período de cuatro años que en la Directiva se fija para la plena transposición a las normas nacionales.

En cualquier caso hay que indicar que estas dificultades con las que, a priori, parece que nos vamos a encontrar en la transposición de la Directiva a las normas nacionales, deberían verse, de alguna forma, atemperadas por la labor de la Comisión Europea, que debería desarrollar orientaciones técnicas en temáticas como las anteriormente citadas, a fin de garantizar la necesaria armonización entre las normas de los distintos Estados Miembros.

ASAMBLEA ANUAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Se refleja a continuación un resumen de los asuntos desarrollados en la Asamblea Anual de la Sociedad Española de Protección Radiológica, celebrada el día 25 de septiembre en Córdoba.

• **PUNTOS CLAVES DE LA INTERVENCIÓN DEL PRESIDENTE DE LA SEPR, LEOPOLDO ARRANZ**

Aumento progresivo del número de socios

El año 1994, la SEPR contaba con 350 socios. Este número aumentó a 435 en el año 1995, siendo en la actualidad de 502. Así mismo, el número de socios colaboradores también se ha incrementado, siendo 8 en el año 1994 y 23 en la actualidad, lo que pone de manifiesto la excelente "salud" que goza nuestra Sociedad.

Socios que están trabajando en la SEPR

Más de 130 socios han colaborado estrechamente con la Junta Directiva, en los comités de los congresos SEPR 6 -Córdoba 96, SEPR 7-, Barcelona 98, Candidatura IRPA 11-Madrid 2004, en los comités de la revista RADIOPROTECCIÓN, así como en los diferentes Grupos de Trabajo.

Proyecto de actividades para el bienio 97/98

1. Reuniones y Jornadas Científicas

1.1. Taller de trabajo. Pruebas de aceptabilidad en instrumentación de Medicina Nuclear. Jarandilla (Cáceres).

1.2. I Jornada sobre legislación. Implicaciones de la nueva Directiva de la U.E. sobre protección radiológica (abril 1997).

1.3. II Jornada sobre legislación. Implicaciones de la Ley de riesgos laborales y del nuevo Código Penal, en las actividades de seguridad nuclear y protección radiológica (octubre 1997).

1.4. Jornada sobre Exposición a la radiación Natural (1998).

1.5. Jornadas sobre Transporte de material radiactivo (1998).

2. Congresos Nacionales e Internacionales

- Preparación del 7º Congreso Nacional de la SEPR que se celebrará en 1998, en Barcelona. Dicho evento tiene la categoría de Congreso Regional de la IRPA, al celebrarse la IV Reunión Internacional Hispano-Italo-Francesa de protección radiológica y la reunión de la Junta Directiva de la IRPA.

- Participación en el IV Congreso Regional Latino-Americano. La Habana (Cuba), 1998.

3. Preparación de la Candidatura IRPA-11

Objetivo: organizar el 11º Congreso Mundial de Protección Radiológica en Madrid, en el año 2004. Presentación de la candidatura en Hiroshima, en el año 2000, con presentación de vídeo, stand y documentación técnica.

4. Cursos de formación

4.1 Curso de Radiobiología (mayo 1997), en colaboración con el CIEMAT.

5. Publicaciones

Protocolo Español de Control de Calidad en la Instrumentación de Medicina Nuclear (en preparación).



Relaciones externas y Comisiones de trabajo con diferentes Organismos

Se han establecido relaciones y comisiones de trabajo con las siguientes sociedades científicas: Sociedad Nuclear Española, Asociación Española de Técnicos en Radiología, Sociedad Española de Radiología Médica, Sociedad Española de Medicina Nuclear, Asociación Española de Radioterapia Oncológica, Sociedad Española de Física Médica, International Radiation Protection Association, Société Française de Radioprotection, Associazione Italiana di Protezione contro la Radiazioni, Associazione Italiana di Radioprotezione Médica, Sociedade Portuguesa de Protecção contra Radiações, Federación de América Latina y el Caribe de Sociedades de Radioprotección (Argentina, Brasil, México y Perú).

Agradecimiento final

El Presidente agradeció la colaboración de todos los socios que han intervenido en todas las actividades realizadas y animó a todos a seguir este camino para que la SEPR pueda estar en el lugar que le corresponde, tanto a nivel nacional como internacional, para rendir el servicio que la sociedad nos demanda.

INFORME DE LA TESORERA, M^a TERESA ORTIZ

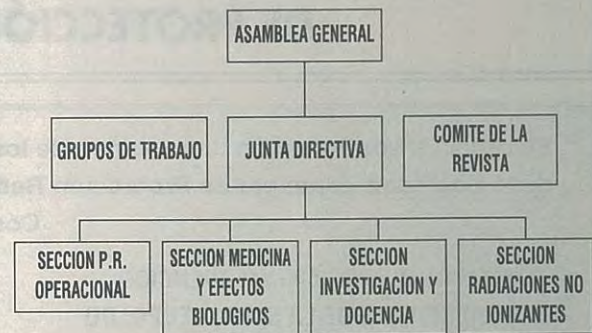
Se aprobaron las cuentas del ejercicio del año 1996 con un superávit importante. Así mismo se aprobó el presupuesto para el año 1997, contando para él con un sistema pactado de subvenciones por parte de las Instituciones relacionadas con la protección radiológica.

INFORME DEL SECRETARIO DE LA SEPR, MANUEL FDEZ. BORDES

Proyecto de estructura de la SEPR

Se ha propuesto una nueva estructura para la SEPR, representada en el cuadro siguiente.

ESTRUCTURA DE LA SEPR



Se constituirá un Grupo de Trabajo con objeto de definir el contenido y alcance de las secciones indicadas.

Modificación de Estatutos

Se ha propuesto la incorporación de dos nuevos artículos en los Estatutos de la SEPR, así como la modificación del artículo 14. El texto propuesto está sometido a una revisión jurídica, con objeto de darle la redacción correcta.

RENOVACIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA DE LA SEPR

Se aprobó la Candidatura propuesta para la renovación de la Junta Directiva de la Sociedad, incorporándose dos cargos de nueva creación, Vicepresidente para Congresos y Vicepresidente para Asuntos Especiales.

La nueva Junta Directiva está formada por: Presidente, Eduardo Sollet; Vicepresidente, Javier Ortega; Vicepresidente Congreso SEPR 7, Monserrat Ribas; Vicepresidente para Asuntos Especiales IRPA 2004, Leopoldo Arranz; Tesorero, Pío Carmena; Vocales, Ignacio Amor, David Cancio, Antonio López Romero y Cristina Núñez de Villavicencio.



NUM. 0 - JULIO 1991



NUM. 1 - 1993



NUM. 2 - 1994



NUM. 9 - 1995



NUM. 1 - NOV 1991



NUM. 2 - 1993



NUM. 7 - 1994



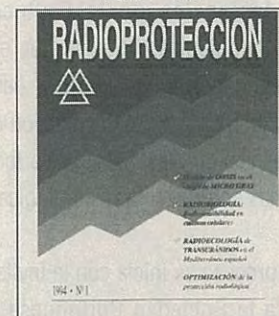
NUM. 10 - 1995



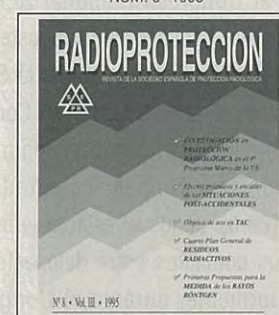
NUM. 2 - MAYO 1992



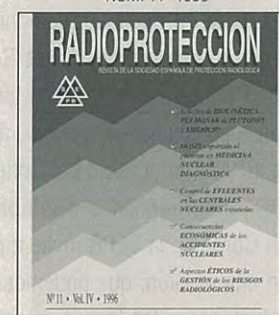
NUM. 1 - 1994



NUM. 8 - 1995



NUM. 11 - 1996





CONSTITUCIÓN DEL GRUPO IBEROAMERICANO DE SOCIEDADES CIENTÍFICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

30 de septiembre de 1996

INTRODUCCIÓN

Con el objeto de agrupar a los profesionales de la Protección Radiológica entre los que existe una identidad cultural, la SEPR decidió establecer espacios de cooperación científico-técnica con las Sociedades Iberoamericanas de Protección Radiológica.

Este proceso se inicia con la invitación hecha a la Sociedad Portuguesa para asistir al Congreso Nacional SEPR-5 celebrado en Santiago de Compostela en el año 1994. Un año después, la SEPR fue invitada a participar en el 3º Congreso Latinoamericano sobre Seguridad Radiológica y Nuclear celebrado en Cuzco (Perú), donde se establecieron los primeros contactos entre delegaciones. Posteriormente, durante el Congreso IRPA-9 celebrado el pasado mes de abril en Viena, la SEPR mantuvo reuniones de trabajo con representantes de las Sociedades de Protección Radiológica Latinoamericanas constituidas dentro del ámbito de la IRPA. Con ocasión del Congreso SEPR-6, celebrado en septiembre de 1996 en Córdoba, la SEPR invitó a participar en una reunión, que podemos calificar de histórica, a los Presidentes de las Sociedades de Argentina, Brasil, México, Perú y Portugal, así como a un representante de Cuba cuya Sociedad Científica está en fase de organización definitiva.

Con el Objetivo de constituir el Grupo Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica, la Reunión contó con la participación de:

- Argentina: Ing. César Arias.
- Brasil: D. Gian María Sordi.
- México: D. Hermenegildo Maldonado Mercado.
- Perú: Ing. Eduardo Medina Gironzini.
- Portugal: D. Joao Quintela de Brito.
- Cuba: D. Juan Tomás Zerquera.

Por parte española, participaron:

- D. Leopoldo Arranz: Presidente saliente SEPR.
- D. Eduardo Sollet: Presidente electo SEPR.
- D. David Cancio: Vocal SEPR e IRPA.
- Prof. Juan José Peña: Vocal SEPR.
- Prof. Manuel Gálvez: Presidente Congreso SEPR-6.

El extenso programa de trabajo se inició el lunes 23 de septiembre de 1996. El grupo fue recibido, en nombre del Presidente de Consejo de Seguridad Nuclear, por el Excmo. Sr. Anibal Martín, iniciándose así la primera reunión técnica incluyendo la visita del Centro de Emergencias SALEM.

Posteriormente, el Prof. Dr. D. Félix

Yndurain, Director General del CIEMAT, presidió la segunda reunión acompañado de los tres Subdirectores Generales de:

- Medio ambiente.
- Formación.
- Tecnología Nuclear.

que presentaron las posibles áreas de colaboración científico-técnica.

ENRESA organizó la tercera reunión en su instalación de almacenamiento de residuos de media y baja actividad en El Cabril (Córdoba), cuya visita técnica fue especialmente atendida por el Grupo.

Del 24 al 28 de septiembre, el Grupo participó activamente en diferentes sesiones científicas del Congreso SEPR-6 en Córdoba, y pudo contar con los socios interesados en establecer y concretar futuros programas de colaboración.

El 29 de septiembre, el Grupo tuvo la oportunidad de reunirse con los responsables de la Protección Radiológica de la Central Nuclear de Almaraz, para conocer su particular problemática, además de visitar con detenimiento dicha Central.

Finalmente el 30 de septiembre el Grupo se reunió en Mérida, con la Presidencia de la Junta de Extremadura y sus Consejeros de Sanidad y Medio Ambien-

te, así como con el Rector de la Universidad de Extremadura, el Vicerrector de Investigación y el Director del Centro Extremeño de Cooperación Científica y Docente con Iberoamérica. El resultado de estas reuniones ha sido extremadamente positivo de cara a garantizar el futuro del Programa de Cooperación entre las diferentes Sociedades Científicas.

CONSTITUCIÓN DEL GRUPO IBEROAMERICANO

El 30 de septiembre de 1996 se firmó el Acta de Constitución del "Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica", con el objetivo de desarrollar un trabajo colectivo de calidad en todas aquellas áreas de interés de los especialistas de protección radiológica de los países firmantes:

- Argentina.
- Brasil.
- España.
- México.
- Perú.
- Portugal.

En un futuro se irán incorporando las Sociedades nacionales que se vayan integrando en el seno del IRPA, como es el caso próximo de Cuba.

DECISIONES ADOPTADAS

Acuerdos de Cooperación Docente Post-grado

1. Cursos de especialistas en Protección Radiológica.

Apoyar la participación, con becas en los cursos organizados por el CIEMAT sobre Ingeniería Nuclear, Protección Radiológica, etc.

2. Curso de Radiobiología organizado por la SEPR.

Apoyar la invitación de profesores de Brasil y Cuba y la participación con becas de estudiantes interesados.

3. Favorecer la información sobre los programas de la especialidad en Radiofísica Hospitalaria organizados por el INSALUD para facilitar la participación de personas interesadas de América Latina.

Acuerdos de Cooperación Científica

1. Realización de Talleres (Work-Shops) sobre aplicación de las nuevas normativas internacionales a las legislaciones nacionales.
 - Evaluación y percepción del riesgo radiológico. Técnicas de comunicación.
 - Criterios de Protección Radiológica de paciente (Control de Calidad en RX, Medicina nuclear y Radioterapia).
 - Impacto Regional económico de las Centrales Nucleares.

2. Favorecer la Colaboración y Cooperación entre los Grupos de Trabajo sobre:

- Dosimetría Biológica (Argentina, Cuba, Perú, España).
- Radiaciones no Ionizantes (Perú, Portugal y España).

Publicaciones

1. Revista "Radioprotección" de la SEPR. Introducir una sección sobre las actividades de Latinoamérica coordinada por el Ing. Eduardo Medina (Perú). Aumentar la tirada para enviar 10 ejemplares a cada Sociedad Iberoamericana. Posibilitar su difusión en otros países del área.
2. Publicaciones de las Sociedades firmantes. Difundir dichas publicaciones en lengua española, entre los diferentes países iberoamericanos, incluyéndola en cursos, programas de formación, difusión, etc.

3. Elaboración y traducción de documentos técnicos al idioma español de:

- Exposiciones potenciales (ICRP-64).
- Toma de decisiones (ICRP-55).
- Práctica médica (en preparación).

Para ello, se formará un grupo coordinado por:

- César Arias (Argentina).
- David Cancio (España).

IRPA-11

Se decide apoyar institucionalmente la propuesta de la SERP de organizar el próximo IRPA-11 en Madrid en el año 2.004.

España propondrá el idioma castellano además del inglés como lenguas oficia-



les, y la incorporación de al menos un miembro latinoamericano en el Comité Científico.

Red Telemática

Se acordó construir una red telemática entre la Sociedades. Se intentará buscar un apoyo financiero a este proyecto, que será coordinado por el Prof. Juan José Peña (España).

Equipamiento

A propuesta de Cuba y Perú, se decidió apoyar el envío de material de equipos de dosimetría, control de calidad y de informática a dichos países. Coordinadores: Juan Tomás Zerquera (Cuba), Eduardo Medina (Perú), Eduardo Sollet, David Cancio y Leopoldo Arranz (España).

Revisión de dicho Programa de Cooperación

El grupo se reunirá para revisar y controlar la puesta en marcha de dicho acuerdo, con ocasión de las diferentes reuniones internacionales:

- Abril 1997: México.
- Junio 1997: Extremadura.
- Febrero 1998: La Habana (Cuba).
- Mayo 1998: Barcelona (España)

NOMBRAMIENTO DE DAVID CANCIO COMO MIEMBRO DEL COMITÉ 4 DE LA ICRP

David Cancio Pérez ha sido elegido recientemente miembro del Comité 4 de la ICRP (International Commission on Radiological Protection) sobre las aplicaciones prácticas de las recomendaciones para el período 1997-2001.



David Cancio Pérez, de nacionalidad española, nacido en Argentina, es Licenciado en Farmacia (por la Universidad de Buenos Aires y convalidado en la Universidad Complutense

de Madrid).

- Desde 1963 a 1986, en la Comisión de Energía Atómica de Argentina, donde ha trabajado en temas de radioecología, impacto radiológico de vertidos al medio ambiente y estudios de emplazamientos. Designado sucesivamente Jefe de las Secciones de Radioecología, Estudios Ambientales y finalmente del Departamento de Seguridad Nuclear. En paralelo y desde 1980 ha sido miembro de la Autoridad Reguladora que licencia y controla las instalaciones nucleares y radiactivas.

- En España, durante el año 1978,

realizó tareas en el Departamento de Seguridad Nuclear de la antigua Junta de Energía Nuclear y regresó definitivamente en mayo de 1986 al actual CIEMAT. Actualmente es el Jefe del Programa de Impacto Radiológico Ambiental y dirige grupos de trabajo que realizan servicios y actividades de I + D sobre vigilancia ambiental, evaluación de consecuencias de vertidos, estudios y transferencias de radionucleidos, y en especial sobre aspectos biosféricos y de protección radiológica en la disposición final de residuos radiactivos.

- Ha actuado como coordinador del proyecto multinacional TARRAS de las Unión Europea, como miembro de grupos de trabajo del OIEA y en misiones en países de Latinoamérica. Asimismo ha sido requerido como experto externo para la revisión (peer-review) de proyectos del NRPB de Gran Bretaña.

- Luego de actuar como representante del CIEMAT en el Comité Director

del proyecto internacional BIOMOVs (Biospheric Model Validation Study) es actualmente Presidente del Comité Director del tema de residuos radiactivos en el nuevo programa internacional del OIEA sobre modelización y métodos de evaluación de la biosfera (BIO-MASS).

- En la Unión Europea es miembro de los Grupos de Expertos para la aplicación del artículo 31 y 37 del tratado Euratom. Estos Grupos tienen relación con las normas y guías de protección radiológica y con la gestión de residuos radiactivos, respectivamente.

- Por otra parte, también es miembro del Comité de Protección y Salud Pública (CRPPH) de la NEA/OECD y ha actuado durante muchos años en los trabajos del UNSCEAR, el Comité Científico de Naciones Unidas que estudia a nivel mundial los efectos de las radiaciones y los niveles y riesgos producidos por las distintas prácticas y accidentes. Desde abril 1996, también es miembro del Consejo Ejecutivo de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) que nuclea a las Sociedades de más de 40 países.

DATOS RECIENTES DE INTERÉS EPIDEMIOLÓGICO

En los últimos meses han aparecido en las revistas científicas algunos artículos acerca de la Dosimetría de las Bombas Atómicas en Hiroshima y Nagasaki, presentando datos e interpretaciones que pudieran tener repercusiones acerca del tema más importante en Protección Radiológica como es la relación dosis-efecto a dosis bajas. De particular interés es un Editorial de *Radiation Protection Dosimetry* (vol 67, nº 1, 1996) aparecido en agosto y que se ha traducido íntegro, previo permiso del autor John Dennis y de RPD. También es muy interesante el artículo de Mark Little y Colin Muirhead "Evidence for curvilinearity in the cancer incidence dose-response in the Japanese atomic bomb survivors", que apareció en el número de julio del *International Journal of Radiation Biology* (vol 70, nº 1, 83-94, 1996). La traducción del inglés y los comentarios son de A. Delgado.

LA DOSIMETRÍA DE HIROSHIMA AÚN SIN RESOLVER

(EDITORIAL DE R.P.D.)

J.A. Dennis

Editor-in-Chief

Radiation Protection Dosimetry

Hace algún tiempo llamé la atención en otro Editorial sobre las discrepancias existentes entre las predicciones teóricas y los datos experimentales sobre la dosimetría de neutrones en Hiroshima y más recientemente también hice notar el impacto que los factores de Eficiencia Radiobiológica (RBE) para neutrones y para radiación gamma tienen en las estimaciones del riesgo para la inducción de cánceres y la mortalidad (1,2). En este número publicamos dos trabajos de Tore Straume que de nuevo ponen sobre el tapete esos importantes temas.

Muy brevemente el asunto es como sigue: las dosis debidas a neutrones rápidos en las cercanías del hipocentro, estimadas a partir de las primeras determinaciones efectuadas midiendo la activación del ^{32}P en muestras que contenían azufre, son un factor cinco veces más bajas que las obtenidas en medidas más recientes, basadas en la radiactividad inducida por neutrones térmicos en diferentes muestras de acero para distancias superiores a 1700 m del hipocentro. Estas estimaciones recientes de la fluencia de neutrones son a su vez quince veces superiores a

las calculadas en la Revisión Dosimétrica del 86 (DS86) (3).

Teniendo en cuenta las técnicas tan primitivas de que dispusieron los investigadores japoneses para las primeras determinaciones inmediatamente después del suceso, son precisamente las medidas de ^{32}P las que están siendo cuestionadas a la vista de las discrepancias comentadas. Si las medidas con ^{32}P son demasiado bajas, entonces la producción de neutrones por la bomba tendría que haber sido considerablemente mayor que la supuesta en los cálculos de la revisión 86 (DS86). Straume describe un nuevo método para la medida de la actividad de ^{63}Ni resultante de una reacción inducida por neutrones rápidos en cobre. Este nuevo método podría permitir comprobar la fluencia de neutrones, no solamente en las cercanías del hipocentro sino también a distancias mayores.

En el segundo trabajo publicado en este volumen, Straume desarrolla las posibles implicaciones que tendría lo anteriormente expuesto sobre los efectos a dosis bajas, con la suposición de que el espectro de neutrones en la DS86 es correcto, pero que la intensidad precisa ser incrementada respecto a la componente gamma. Si esta hipótesis se combina con la suposición de que el RBE es dependiente de las dosis, tal y como ha sido observado para la inducción de aberraciones cromosómicas, y que tal dependencia es también aplicable a la



inducción de cáncer, entonces parece que las estimaciones de riesgo para radiación gamma de alta energía derivadas de los datos de Hiroshima pueden ser demasiado altas hasta en un factor tres. Realmente pienso que un RBE dependiente de las dosis no supone un hecho decisivo para obtener tal conclusión ya que efectos similares sobre las estimaciones del riesgo se obtienen con la suposición habitual de un RBE fijo de valor 20.

Antes de precipitarnos a obtener demasiadas conclusiones, hay que tener en cuenta que un aumento en la fluencia de neutrones producida por las bombas debe implicar también un aumento de la de radiación gamma y debe ir ciertamente acompañado de un incremento en la radiación gamma de captura lo que iría en la dirección de restablecer de algún modo el equilibrio entre las componentes gamma y de neutrones. Straume no considera el problema del RBE variable con la energía de la radiación gamma observado en la inducción de aberraciones, lo que debería tenerse en cuenta si se emplea la suposición de que la inducción de cáncer tiene una dependencia con la calidad de la radiación similar a la de inducción de aberraciones cromosómicas. En otro trabajo previo (6) sin embargo Straume llegó a la conclusión que el RBE para fotones y electrones puede variar en un factor de ocho a diez entre 6 keV y 15 MeV. Además, para la inducción de leucemia, como he puntualizado anteriormente (7), las curvas de dosis-efecto obtenidas de los datos de Hiroshima y Nagasaki muestran riesgos negati-

vos para dosis inferiores a 200 mSv. Presumiblemente, si las suposiciones de Straume son correctas, tales riesgos negativos podrían extenderse a niveles de dosis más altos.

Obviamente, queda aún mucho por hacer en el tema de la dosimetría y la estimación de riesgos en los sobrevivientes de Hiroshima. Está por determinar si todo lo que ha sido expuesto en este Editorial va a tener gran impacto en la justificación de los límites de dosis, pero por el momento sí podría afectar a la problemática de las reclamaciones y compensaciones relacionadas con los cánceres posiblemente inducidos por las radiaciones.

REFERENCIAS

1. Dennis, J.A. Hiroshima: Stable Chromosome Aberrations and Unstable Doses. *Radiat. Prot. Dosim.* 46(4), 227-228 (1993).
2. Dennis J.A. The RBE Question Revisited. *Radiat. Prot. Dosim.* 63(3), 163-164 (1996).
3. Straume, T., Egbert, S.D., Woolson, W.A., Finkel, R.C., Kubick, P.W., Gove, H.E., Sharma, P. and Hoshi, M. Neutron Discrepancies in the DS86 Hiroshima Dosimetry System. *Health Physics* 63, 421-426 (1992).
4. Straume, T., Marchetti, A.A. and McAninch, J.E. New Analytical Capability May Provide Solution to the Neutron Dosimetry Problem at Hiroshima. *Radiat. Prot. Dosim.* 67(1), 5-8 (1996) (this issue).
5. Straume, T. Risk Implications of the Neutron Discrepancy in the Hiroshima DS86 Dosimetry System. *Radiat. Prot. Dosim.* 67(1), 9-12 (1996) (this issue).
6. Straume T. High-Energy Gamma Rays in Hiroshima and Nagasaki: Implications for Risk and WR. *Health Physics* 69, 954-956 (1995).
7. Dennis J.A. Is there a Threshold? *Radiat. Prot. Dosim.* 63(2), 83-85 (1996).

NOTA DE LA REDACCIÓN

La denominada "neutron discrepancy" en la revisión del 86 (DS86) en la dosimetría de las bombas atómicas, empezó a detectarse apenas publicado el informe DS86. A partir de entonces se desarrollaron gran número de experimentos empleando técnicas de activación neutrónica a diversas distancias del hipocentro tanto en los escenarios de Hiroshima y Nagasaki, como en laboratorios de investigación que disponían de haces de neutrones "ad hoc". El resultado fue que se evidenció una notoria discrepancia entre medidas y cálculos en el caso de Hiroshima. Sin embargo no se encontraba tal discrepancia tanto en los experimentos efectuados en Nagasaki como en otras instalaciones con diferentes tipos de haces de neutrones, existiendo siempre muy buen acuerdo entre los datos proporcionados por los códigos para transporte de neutrones y por las medidas de activación. Evidentemente el origen del problema no estaba en los cálculos sino en el término fuente empleado en el caso de Hiroshima, que aparentemente necesitaba ser reconsiderado. Tal y como se recoge en el Editorial que

se comenta, simplemente suponiendo muchos más neutrones pero con la misma distribución espectral se obtenía bastante mejor acuerdo entre cálculos y medida.

Realmente las medidas más recientes que pusieron de manifiesto la discrepancia, se han hecho empleando técnicas experimentales bien contrastadas. Por el contrario las medidas iniciales realizadas por investigadores japoneses empleando la reacción $^{35}\text{S} (n, p)^{32}\text{P}$ (el ^{32}P con una vida media inconvenientemente corta de 14 días) no fueron nunca contrastadas y como fácilmente se comprende los medios y las condiciones en las que se realizaron distaron de ser los más idóneos. Lo que Straume, de la Health and Ecological Assessment Division del Lawrence Livermore Laboratory (USA), propone es emplear una nueva reacción $^{63}\text{Cu} (n, p)^{63}\text{Ni}$ para determinar la fluencia de neutrones. En esta reacción, el producto ^{63}Ni tiene una vida media tan larga como 100 años y la reacción un umbral de 1 Mev. Muestras abundantes de cobre están hoy día disponibles en Hiroshima, por lo que el proyecto parece muy factible.

Tore Straume analiza las implicaciones que para las estimaciones de riesgo efectuadas sobre los sobrevivientes de Hiroshima tendría una revisión sustancialmente al alza de las dosis de neutrones, y da algún ejemplo de cual podría ser el resultado de tal revisión: efectos para radiación gamma 2 ó 3 veces inferiores a los actualmente estimados. Pero en las

conclusiones de sus trabajos se muestra sumamente prudente haciendo notar tan sólo que la mera existencia de la discrepancia impide obtener conclusión alguna fiable acerca de la forma de las curvas de dosis-respuesta a partir de los datos actuales de Hiroshima. La discrepancia debería ser resuelta antes de proceder a realizar estimaciones cuantitativas de la probabilidad de riesgos mínimamente fiables.

En el trabajo de Little y Muirhead (ambos miembros del NRPB) que ha sido citado en el encabezamiento de este comentario, se lleva a cabo un análisis estadístico de la relación dosis-incidencia de cáncer sobre la población sobreviviente a las bombas atómicas tanto en Hiroshima como en Nagasaki, empleando para tal análisis los datos más recientes y completos emitidos para la incidencia de cánceres en tal cohorte. En el análisis se emplean diferentes modelos para la dependencia del riesgo con la dosis, con umbral y sin umbral de dosis, realizando el análisis para diferentes tipos de cáncer, y presentando los resultados del análisis estadístico en varias tablas numéricas. Sin embargo en las conclusiones estos autores comentan tan solo los datos globales para el conjunto de todos los cánceres sólidos y separadamente para las leucemias.

Los autores encuentran que para el conjunto de todos los cánceres sólidos existe una relación dosis-respuesta significativa si se considera a todos los sobrevivientes que recibieron dosis

< 0,5 Sv. Sin embargo, la relación dosis-respuesta deja de ser significativa si se considera tan sólo a la población con dosis < 0,2 Sv. La mejor estimación para el umbral de dosis es 0,0 Sv, es decir no hay umbral estadísticamente significativo para el conjunto de todos los cánceres sólidos. Para los tres tipos principales de leucemias (ALL, AML y CML) existe también una relación dosis-respuesta positiva para la población con dosis < 0,5 Sv. Sin embargo esta relación desaparece si se restringe el estudio para dosis inferiores a 0,2 Sv. Al contrario que en el caso anterior, para el conjunto de las leucemias la mejor estimación de un supuesto umbral de dosis es significativamente mayor que 0 pero inferior a 0,3 Sv.

En este análisis se ha tenido en cuenta la posible existencia de errores aleatorios en las estimaciones de dosis. En particular se hace referencia al problema derivado de la "neutron discrepancy", esto es a la inconsistencia en los datos actualmente asumidos para las dosis de neutrones en Hiroshima, citando a los trabajos iniciales del grupo de Tore Straume (1992). Little y Muirhead no obstante estiman que una revisión al alza de las dosis debidas a neutrones en Hiroshima tendría un efecto no demasiado importante sobre las estimaciones efectuadas sobre toda la cohorte de supervivientes de las bombas.

Se trata sin duda de material nuevo de gran interés para los epidemiologistas en particular y para los radioproteccionistas en general.



JORNADAS SOBRE RADIACIONES IONIZANTES: SUS EFECTOS, PROTECCIÓN

Durante los días 4 y 5 de noviembre se han celebrado en Madrid, las Jornadas sobre "Radiaciones ionizantes: sus efectos, protección", organizadas por la Fundación Ramon Areces y el Ilustre Colegio Oficial de Físicos.

La conferencia inaugural impartida por el profesor Sánchez del Río, miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, versó sobre el tema "Energía Radiante", presentando un recorrido histórico sobre los conceptos incluidos en tan amplio término y las diferentes implicaciones a que han dado lugar.

Dado que en el tiempo disponible era difícil abarcar en su totalidad los dos núcleos propuestos, efectos y protección, el objetivo de las jornadas se centró preferentemente en efectos a bajas tasas y bajas dosis, y la situación actual y perspectivas en materia de protección radiológica. El programa estaba constituido por tres conferencias y una mesa redonda, de las que a continuación destacamos algunos aspectos:

MECANISMOS DE DESTRUCCIÓN CELULAR POR RADIACIONES IONIZANTES, impartida por el Dr. Gordon Steel, Profesor de radiobiología aplicada a Radioterapia del Institut of Cancer Research, Sutton, Inglaterra. En la conferencia, el Profesor Steel consideró ocho aspectos distintos del estudio de la

radiosensibilidad: Sensibilidad de las celulas de los mamíferos a las radiaciones ionizantes, radiosensibilidad y ciclo celular, efecto de la tasa de dosis, modelos de destrucción celular, secuencia de los procesos que conducen a la inactivación celular, citogenética de la radiosensibilidad, microdosimetría y lesiones severas en el DNA, y genética molecular de la radiosensibilidad. Destacó este último aspecto como el que mayor desarrollo tiene en la actualidad, dados los considerables progresos que se están realizando en la identificación de los genes que controlan la reparación del daño producido por la radiación. Para todas las áreas presentó el desarrollo de las investigaciones, desde los trabajos iniciales hasta las últimas teorías establecidas en cada una de ellas.

EL RIESGO DE CARCINOMA RADIOINDUCIDO A BAJAS DOSIS Y BAJAS TASAS, impartida por el Dr. Stather, Senior Assistant Director, National Radiological Protection Board, Reino Unido. Después de una revisión de los estudios realizados sobre grupos sometidos a altas tasas y altas dosis de radiación, tanto como consecuencia de irradiación externa, como por incorporación interna de radionúclidos, y de los distintos DDREF (Factor de eficacia de dosis y de tasa de dosis) establecidos, el Dr. Stather presentó los resultados obtenidos en tres estudios realizados por NRPB sobre grupos sometidos a bajas dosis de radiación: trabajadores profesionalmente

expuestos de la industria nuclear, niños cuyas madres estuvieron sometidas a exploraciones de radiodiagnóstico durante el embarazo, y grupos de población expuesta a radiación natural. El primer estudio se combinó con otro similar realizado en EEUU, y los resultados obtenidos eran compatibles con las estimaciones del riesgo para bajas tasas y bajas dosis establecidos por ICRP 60. En el segundo caso, se presentaba un incremento en el riesgo de carcinoma radioinducido en los niños, a dosis entre 5 y 20 mGy (baja LET), aunque el riesgo seguía siendo muy bajo. Y en el tercer caso fue difícil encontrar una correlación entre la tasa de cánceres y la situación geográfica.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. PRESENTE Y FUTURO: UNA REVISIÓN DE LOS LOGROS Y DE LAS PERSPECTIVAS, impartida por el Dr. Ilari del Departamento de Protección Radiológica y Gestión de residuos de la AEN (OCDE). El Dr. Ilari presentó una revisión del presente y futuro de la protección radiológica en tres facetas diferentes: conceptual, científica y operacional. Aunque la protección radiológica tiene un marco suficientemente consolidado, en la actualidad está dentro de un proceso de evaluación y debate debido a los nuevos conceptos introducidos por ICRP 60. Los avances científicos que en la actualidad se están produciendo conllevan la posibilidad de reducir las incertidumbres, y obtener un sistema de pro-

tección con bases más realistas. Destacó que, como consecuencia del dinamismo de las infraestructuras para la protección radiológica, es necesario que el personal esté debidamente formado, y que esta formación se actualice de forma continuada. Por último, expuso la necesidad de lograr un mayor entendimiento con la opinión pública, aumentando la información y la formación.

MESA REDONDA

Coordinada por Dña. P. López Franco, intervinieron Dña. M. Bezares, Dña. M.C.Paredes, D.J.L. Butragueño, y D.E.

Vañó. En esta mesa, se trataron aspectos como: formación en materia de Protección Radiológica, normativa vigente y aplicación de dicha normativa en el campo sanitario. Una vez presentadas las líneas de discusión por los distintos ponentes, se abrió un debate del que podemos destacar algunos puntos como: la necesidad de unificar la formación del personal profesionalmente expuesto, la dificultad de explicar la disminución de los nuevos límites de dosis al personal profesionalmente expuesto y a los miembros del público, la necesidad de realizar desde el colectivo dedicado a protección radiológica un esfuerzo para lograr que la

opinión pública valore en su justa medida los riesgos de la utilización pacífica de las radiaciones ionizantes, y esté informada de la existencia de un sistema de protección radiológica adecuado y eficiente.

Las jornadas en las que se registró una gran asistencia, constituyeron un éxito no sólo por la importancia de los temas tratados y la autoridad de los ponentes en dichos temas, sino también por la participación de los asistentes en los debates. Desde aquí queremos felicitar a la Fundación Ramón Areces y al Colegio Oficial de Físicos por el éxito obtenido.

UNA INFECCIÓN, PROBABLE CAUSA DE CASOS DE LEUCEMIA

La revista *Nuclear News*, en su número de mayo de 1996, publica algunas de las conclusiones del cuarto informe que el U.K. Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE) ha realizado sobre la incidencia de cáncer y leucemia en jóvenes que habitan en los alrededores de Sellafield, el complejo de reprocesado y gestión de residuos de British Nuclear Fuels en el Reino Unido. COMARE ha llegado a la conclusión de que el riesgo asociado a la irradiación

de los padres antes de la concepción (PPI), establecido como causa en algunos estudios, es demasiado pequeño para el exceso de casos observado, y más importante aún, no se ha encontrado un exceso significativo de casos en otras comunidades donde viven la mayoría de trabajadores de Sellafield. Una vez rechazado este factor como causa probable, COMARE concluye que "... un mecanismo relacionado con una infección puede ser probablemente un factor que afecte al riesgo de leucemia y

linfoma no Hodgkins (NHL) en los jóvenes de Seascale".

COMARE menciona como una posible causa de infección la descarga de aguas residuales sin tratar al mar, desde el pueblo de Seascale y desde asentamientos temporales de trabajadores para la construcción de Sellafield. Estas prácticas de descargas continuaron hasta 1984, en que empezó a funcionar una planta de tratamiento de aguas residuales. Según COMARE, "... no podemos excluir esta posibilidad".



● NOTICIAS TÉCNICAS ●

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES. CENTRO NACIONAL DE DOSIMETRÍA. INSALUD

F. Roig, A. Gómez, J. Alabau, A. Soriano, N. Llorca

ACTIVIDADES DEL LABORATORIO

El Laboratorio realiza la calibración de instrumentos de medida de radiaciones ionizantes, así como la irradiación de dosímetros personales (DTL, dosímetros fotográficos, etc.) en los niveles de protección y diagnóstico.

MAGNITUDES RADIOLÓGICAS

El Laboratorio puede calibrar los instrumentos para las siguientes magnitudes:

- Kerma en aire en el seno del aire.
- Exposición.
- Dosis Equivalente con el convenio que 100 R corresponden a 1 Sv.
- Dosis absorbida en agua y sus correspondientes tasas.

Los dosímetros personales se irradian sobre un maniquí de PMMA de 30 cm x 30 cm y 15 cm de espesor. Mediante factores de conversión adecuados se determinan las Dosis Personales $H_p(0.07)$ (dosis piel, a 0.07 mm de profundidad en tejido ICRU) y $H_p(10)$ (dosis profunda a 10 mm de profundidad en tejido ICRU).

RADIACIONES DISPONIBLES

El Laboratorio dispone de un equipo de rayos X marca Philips, de potencial

constante, con tensión máxima de 320 kV y una potencia de 1.6 kW.

En las Tablas 1a a 1d se especifican, mediante las CHR y la energía media $\langle E \rangle$, las calidades de radiación disponibles en el Laboratorio.

En la última columna de dichas Tablas se muestran los rendimientos máximos del equipo de rayos X a 100 cm de su foco, expresados como tasa de kerma en aire en el seno del aire.

TRAZABILIDAD

Los equipos de referencia del Laboratorio son:

- Electrómetro marca Nuclear Enterprises, modelo Ionex Dosemaster 2590-B.
- Cámara de ionización marca Nuclear Enterprises, modelo NE 2530/1C (35 cm³).
- Cámara de ionización marca Nuclear Enterprises, modelo NE 2575 C (602 cm³).

Estos equipos son calibrados periódicamente en el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), donde se encuentra el laboratorio primario de Alemania para la medida de radiaciones ionizantes.

ACREDITACION

El Laboratorio es un Laboratorio de Calibración acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) con número 58/LC085/96 y fecha 3 de junio de 1996. En base a los acuerdos de reconocimiento firmados por ENAC en el seno de la Organización Europea de Acreditación de Laboratorios, EAL, la acreditación de nuestro Laboratorio es reconocida por los Organismos de Acreditación de los países firmantes del acuerdo.

En la actualidad el Laboratorio está acreditado para la medida del Kerma en aire, Exposición, Dosis Equivalente y sus tasas, y para las calidades de radiación marcadas con un asterisco en las Tablas. Dentro del presente año 1996 se presentará la documentación para solicitar a ENAC la acreditación para la medida de la Dosis absorbida en agua, las Dosis Personales y para las restantes calidades tabuladas.

Los Certificados para las magnitudes y calidades acreditadas por ENAC se emitirán con el logotipo de dicha Entidad, emitiéndose un Certificado aparte sin logotipo para las magnitudes y calidades todavía no acreditadas.

TABLA 1A. Serie ISO/4037 Espectro Estrecho

| Código Calidad | Tensión (kV) | <E> (keV) | 1 ^a CHR (mm Cu) | 2 ^a CHR (mm Cu) | Tasa Kerma _{max} a 100 cm (mGy/min) |
|-------------------|--------------|-----------|----------------------------|----------------------------|--|
| N1 ^(*) | 40 | 33 | 0.086 | 0.098 | 0.84 |
| N2 ^(*) | 60 | 48 | 0.242 | 0.259 | 1.70 |
| N3 ^(*) | 80 | 65 | 0.583 | 0.632 | 1.02 |
| N4 ^(*) | 100 | 83 | 1.134 | 1.18 | 0.39 |
| N5 ^(*) | 120 | 100 | 1.75 | 1.81 | 0.35 |
| N6 ^(*) | 150 | 118 | 2.41 | 2.55 | 2.11 |
| N7 ^(*) | 200 | 164 | 4.10 | 4.20 | 0.59 |
| N8 ^(*) | 250 | 208 | 5.35 | 5.34 | 0.55 |
| N9 | 300 | 250 | 6.28 | 6.26 | 0.45 |

TABLA 1B. Serie ISO/4037 Espectro Ancho

| Código Calidad | Tensión (kV) | <E> (keV) | 1 ^a CHR (mm Cu) | 2 ^a CHR (mm Cu) | Tasa Kerma _{max} a 100 cm (mGy/min) |
|-------------------|--------------|-----------|----------------------------|----------------------------|--|
| W1 ^(*) | 60 | 45 | 0.188 | 0.215 | 5.0 |
| W2 ^(*) | 80 | 57 | 0.360 | 0.433 | 10.2 |
| W3 ^(*) | 110 | 79 | 0.958 | 1.10 | 5.2 |
| W4 ^(*) | 150 | 104 | 1.89 | 2.14 | 9.0 |
| W5 ^(*) | 200 | 137 | 3.16 | 3.42 | 12.0 |
| W6 ^(*) | 250 | 173 | 4.34 | 4.53 | 12.0 |
| W7 ^(*) | 300 | 208 | 5.27 | 5.35 | 12.3 |


TABLA 1C. Serie de Baja Energía

| Código Calidad | Tensión (kV) | <E> (keV) | 1 ^a CHR (mm Al) | 2 ^a CHR (mm Al) | Tasa Kerma _{max} a 100 cm (mGy/min) |
|----------------|--------------|-----------|----------------------------|----------------------------|--|
| NA | 30 | 23 | 1.146 | 1.26 | 1.8 |
| WA | 30 | 21 | 0.867 | 0.99 | 7.7 |
| WB | 40 | 28 | 1.80 | 2.07 | 6.4 |

TABLA 1D. Serie de Diagnóstico

| Código Calidad | Tensión (kV) | <E> (keV) | 1 ^a CHR (mm Al) | 2 ^a CHR (mm Al) | Tasa Kerma _{max} a 100 cm (mGy/min) |
|----------------|--------------|-----------|----------------------------|----------------------------|--|
| D1 | 70 | 34 | 2.40 | 3.48 | 60 |
| D2 | 90 | 39 | 3.12 | 4.79 | 87 |
| D3 | 120 | 48 | 4.10 | 6.67 | 108 |

MÜNCHENER APPARATEBAU (*mab*)

La compañía alemana **Münchener Apparatebau (*mab*)**, fabricante de equipos para la Protección Radiológica desde hace treinta años, anuncia que ha firmado un contrato de exclusividad con la empresa española

LAMSE para la comercialización y asistencia técnica de sus equipos en España, además de una colaboración tecnológica motivada por los últimos desarrollos conseguidos por esta compañía en el campo de la P. R.

Dicho acuerdo permitirá una estrecha relación con el cliente y un apropiado asesoramiento a sus necesidades.



Radiaciones ionizantes

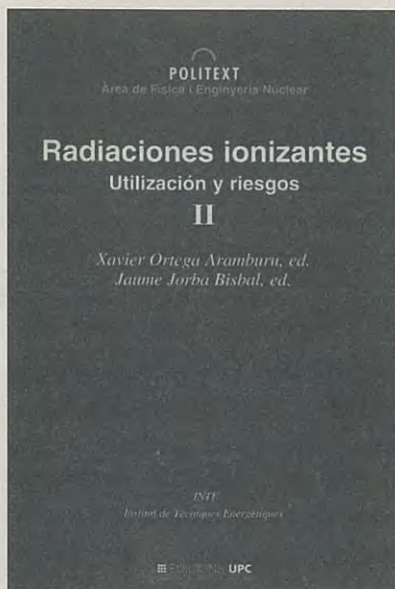
Utilización y riesgos

II

X. Ortega Aramburu

Edicions UPC,

Barcelona



En el número 7 (Vol. II, 1994) de la revista **RADIOPROTECCION** se incluyó la reseña del primer volumen de esta obra, dedicado a los aspectos más físicos de las radiaciones ionizantes

Este segundo volumen, al igual que el primero, ha sido publicado por el servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña (EDICIONS UPC). La edición ha estado coordinada por el Dr. Xavier Ortega Aramburu, catedrático de Ingeniería Nuclear y director del Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), que ha contado con la colaboración del Dr. Jaume

Jorba Bisbal, profesor titular de Física Nuclear de la UPC.

El volumen se ha dividido en tres libros, siguiendo la nomenclatura iniciada en el primer volumen. Así, el libro número 3 se dedica a los efectos de las radiaciones y a las fuentes de radiación. La descripción que se hace sobre los efectos de las radiaciones, comenzando por las estructuras más simples hasta llegar a los efectos más globales, resulta de gran interés y fácil lectura para los no especialistas. En el libro número 4 se describen los usos de las radiaciones ionizantes, tanto en sus aplicaciones médicas como industriales. Podría llamar un poco la atención al lector que no se mencione la generación de electricidad de origen nuclear, pero es que ésta ha sido incluida en el capítulo 2 del libro 3. El último libro, el número 5, es el más amplio y se divide en 8 capítulos, dedicados fundamentalmente a la Protección Radiológica y al control regulador de las actividades con riesgo radiológico. Por último, en el capítulo 8 se describe el marco jurídico asociado al funcionamiento de las instalaciones radiactivas y se describe la legislación nacional al efecto.

La cualificación académica y la experiencia profesional y pedagógica de los autores de los diferentes capítulos: F.J. Lomeña, X. Ortega, M. Ribas, P. Coll, M. Ginjaume, C. Tapia y J. Baró, se refleja en el rigor de las exposiciones y en la exposición clara de las mismas. Esta obra sirve tanto a los profesionales como a los que se inician en este campo, en especial porque da una visión general, aunque rigurosa y extensa, de todos los usos posibles de las

radiaciones. Sirvan estas líneas para felicitar a los autores y animarlos a que continúen esta labor de difundir conocimientos, relacionados con las radiaciones ionizantes, entre todos los lectores de lengua española.

M^a Teresa Ortiz (ENRESA)

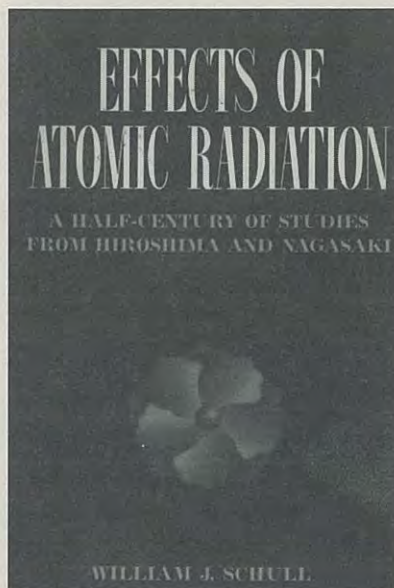
Effects of Atomic Radiation.

A Half-Century of Studies from Hiroshima and Nagasaki

William J. Schull, PhD

Wiley-Liss, Inc., New York, 1995.

ISBN 0-471-12524-5



El autor relata las circunstancias en las que surgieron los estudios de los efectos biológicos diferidos de las radiaciones atómicas, a medida que fueron presentándose en los supervivientes de los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki (6 y 9 de agosto de 1945) y en sus descendientes, durante este último medio siglo.

Se trata, por lo tanto, de una obra de gran valor historiográfico para la Radiobiología Humana, porque levanta acta de los esfuerzos realizados para transformar dos acciones bélicas –dramáticas e irreparables, las explosiones de Hiroshima y Nagasaki– en sendos macroexperimentos científicos no-planificados, de los que se están extrayendo valiosos conocimientos para la Humanidad. Y uno de los mayores méritos de la obra reside, precisamente, en la excelente calidad didáctica del texto, que introduce gradualmente los conceptos radiológicos al filo de los efectos biológicos observados, lo que permite asistir al nacimiento circunstanciado de una buena parte de la Radiobiología Humana, que ahora conocemos. Todo ello gracias a la feliz coincidencia en el autor, el Dr. Schull, de su acreditada capacidad de síntesis científica, como profesor de Genética Humana en la Universidad de Texas, y su dilatada participación en el estudio biomédico de los supervivientes desde 1949.

En el libro se trata con detalle el devenir de las diferentes etapas por las que atravesaron las actividades de control de los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki. Desde las primeras investigaciones, ordenadas por una Directiva del Presidente H. Truman en otoño de 1946, que dieron lugar posterior-

mente a la creación de la Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC), formada conjuntamente por el Ministerio de Sanidad y Bienestar del Japón y la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU y que tuvo a su cargo la responsabilidad de los estudios de los supervivientes hasta 1975. En este mismo año se creó la Radiation Effects Research Foundation (RERF), agencia (de derecho japonés) encargada de la continuación de tales estudios hasta el presente.

El Dr. Schull recoge las propuestas del denominado Comité Francis (1995), que a la vista de la evidencia de un aumento de la incidencia de determinados tumores, desarrolló una estrategia de investigación con objeto de realizar un amplio estudio epidemiológico. Este estudio tenía como requisito indispensable el “cierre” de la cohorte de supervivientes de Hiroshima y Nagasaki, lo que se concretó en el denominado Life Span Study (LSS) con la inclusión de alrededor de 120.000 individuos, de los cuales 91.000 contaban con estimación dosimétrica. El conocimiento de los datos dosimétricos pronto se reveló esencial y fue mejorando progresivamente con los años hasta llegar al Dosimetry Study de 1986 (DS86), que es tomado actualmente como el mejor estimador para la asignación de dosis. Los resultados de DS86, junto con los de la extrapola-

ción “de por vida” de los efectos biológicos observados en la población de supervivientes (viva todavía en un 60%) han permitido evaluar el factor de riesgo cancerígeno para exposiciones agudas, y de éste, pasar al dominio de las bajas dosis, que es el que concierne a la Protección Radiológica.

En la obra se comentan las múltiples incertidumbres que pesan sobre el modelo lineal-cuadrático de respuesta humana a la exposición de las radiaciones, y se expresa la necesidad de que sea introducido un nuevo modelo biofísico, más acorde con los actuales conocimientos en Radiobiología Molecular, de modo que sus parámetros puedan adquirir significado causal, de lo cual adolece el modelo lineal-cuadrático vigente hasta ahora. Mientras esto llega, el autor se inclina por una actitud de máxima prudencia en la adopción de un factor nominal del riesgo para estructurar la Protección Radiológica, incluso más conservador que el de las Recomendaciones de ICRP-60 (1991).

La obra está magníficamente rematada con notas, glosario, bibliografía, etc., y puede ser considerada como una pequeña joya de la Historiografía Científica.

Miguel Barrachina Gómez

CONGRESOS Y REUNIONES

- **1997 INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION DOSIMETRY AND SAFETY**

Taipei, Taiwan 31 Marzo - 2 Abril, 1997

Prof. C.J. Tung, 1997 RDAS, Dept. Nucl. Science National Tsing Hua University Hsinchu, Taiwan 300, REP. OF CHINA.

- **INT. WKSP. ON RADIATION DAMAGE TO DNA: TECHNIQUES QUANTITATION AND MECHANISMS**

Bowness-on Windmermere, UK, 20-23 Abril 1997

Dr. K.M. Prise, Gray Cancer Lab. Cancer Research Trust P.O. BOX 100, Mount Vernon Hospital, Northwood, Middx. HA6 2JR, UK

- **INT. CONF. ON HEALTH EFFECTS OF LOW DOSE RADIATION: CHALLENGES FOR THE 21st CENTURY**

Stratford-upon-Avon, Gran Bretaña, 11-14 Mayo 1997.

Mrs. Sue Frye, Conf. Office, British Nuclear Energy Society One Great George Street, London SW1X, 3AA, UK.

- **SYMP. ON THE ACCEPTABILITY OF RISK FROM RADIATION APPLICATION TO MANNED SPACE FLIGHT**

Arlington, VA - USA, 29 Mayo 1997.

Laura Atwell, NCRP, 7910 Woodmont Ave., Suite 800 Bethesda, MD 20814, USA.

- **INT. WORKSHOP ON RETROSPECTIVE DOSIMETRY: PHYSICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS**

Tianjin, China, (IAEA), 1-4 Junio 1997

Prof. Zhang Liangan. Inst. of Rad. Med. China Acad. of Medical Sciences Tianjin Hi-Tech Industry Park, Nankai Dist. Tianjin 300192, CHINA.

- **INTAKES OF RADIONUCLIDES - OCCUPATIONAL AND PUBLIC EXPOSURE**

Avignon, France, 15-18 Septiembre 1997.

Dr. H. Menzel, Commission of the European Communities DGXII/F/6

TGI 1/27, 200 rue de la Loi B-1049 Brussels. Bélgica

Tel. 32 2 295 298 - FAX 32 2 296 6256

- **WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING**

Nice, Francia, 14-19 Septiembre 1997.

Prof. J.A.E. Spaan. Dept. of Medical Physics, AMC Univ. of Amsterdam, Meibergdreef, 15 Amsterdam 1105 AZ. Holanda

- **29th ANNUAL CONGRESS OF THE SWISS-GERMAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION**

Lucerna, Suiza, 15-18 Septiembre 1997.

Tagungsburo FS' 97 Ch. Wernli c/o ASH.

Paul Scherrer Institut CH-5232 Villigen PSI. Suiza

- **21st SYMPOSIUM ON THE SCIENTIFIC BASIS FOR NUCLEAR WASTE MANAGEMENT**

Davos, Suiza, 29 Septiembre - 2 Octubre 1997

Dr. Ian McKinley, NAGRA, Hardstrasse 73, CH-5430 Wettingen, Suiza

CURSOS ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

- **INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA**

Formación en Protección Radiológica

Avda de la Complutense, 22. 28040 Madrid. Teléfono: 3466298 • Fax: 3466005
e-mail: fjavier@ciemat.es

PROGRAMACIÓN DEL 1º trimestre de 1997

| | |
|-------------|---|
| 15/01-10/12 | Máster en Energía Nuclear |
| 13/01-24/01 | Curso de protección radiológica avanzada para II. nucleares, (a confirmar) |
| 20/01-24/01 | Aplicaciones del APS al cambio de especificaciones técnicas. Organizado conjuntamente con el CSN |
| 27/01-26/04 | Curso Superior de Protección Radiológica |
| 12/03 | J.T. Análisis de fluctuaciones aplicados al mantenimiento predictivo |
| 14/04-16/04 | Espectrometría alfa . Aplicaciones |
| 14/05-22/05 | Radiation Protection in Interventional Radiology. Organizado conjuntamente con la U.E. , DG-XII (ERPET) , UCM (Física médica). |

CURSOS ORGANIZADOS POR PROINSA

Dpto. de Formación
C/ Rosario Pino, 18. 28020 MADRID
Teléfono: 572 11 66. Fax: 570 18 10

PROGRAMACIÓN 1997

| | | |
|--|---|--|
| 13 - 24 enero 19 - 30 mayo 17 - 28 noviembre | } | Capacitación para operadores de instalaciones radiactivas |
| 10 febrero - 7 marzo 2 - 27 junio 22 septiembre - 17 octubre | } | Capacitación para supervisores de instalaciones radiactivas |
| 17 - 21 marzo 5 - 19 septiembre 1 - 5 diciembre | } | Capacitación para operadores de instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico general |
| 7 - 11 abril 8 - 12 septiembre 15 - 19 diciembre | } | Capacitación para personal que dirija instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico general |
| 18-20 abril 24-26 octubre | } | Capacitación para personal que dirija instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico dental |

FE DE ERRATAS

En la revista Radioprotección nº 9, Vol. III de 1995, donde se publicó el artículo "Dosis de radiación a pacientes en radiodiagnóstico en cinco hospitales españoles: primeros resultados", del que soy coautor, hemos detectado una errata de la que no nos dimos cuenta inicialmente.

El error corresponde a la expresión matemática

$$D_p = 0,1 F_{rd} F_{p,T} \left(\frac{L}{A_p} \right)$$

que debe decir lo siguiente:

$$D_p = 10 F_{rd} F_{p,T} \left(\frac{L}{A_p} \right)$$

Manuel Alonso

INDICE DE AUTORES (1991-1996)

Agüero A, *nº 2, 1994*
 Alcaraz Baños M, *nº 13, 1996*
 Alcázar FJ, *nº 1, 1991*
 Allisy A, *nº 8, 1995*
 Alonso A, *nº 12, 1996*
 Alonso M, *nº 9, 1995*
 Alvarez A, *nº 10, 1995*
 Amor I, *nº 1, 1991; nº 13, 1996*
 Antón M^aP, *nº 1, 1994*
 Aragón A, *nº 11, 1996*
 Aragón G, *nº 1, 1994; nº 13, 1996*
 Arranz L, *nº 1, 1993; nº 2, 1994; nº 7, 1994; nº 8, 1995; nº 9, 1995*
 Astudillo Pastor J, *nº 10, 1995*

Baquero R, *nº 9, 1995*
 Bea Gilbert J, *nº 11, 1996*
 Bennett B, *nº 7, 1994*

Campayo JM, *nº 8, 1995*
 Cancio D, *nº 8, 1995*
 Canellas Anoz M, *nº 12, 1996*
 Canteras Jordana M, *nº 13, 1996*
 Cañizares J, *nº 12, 1996*
 Casanova T, *nº 2, 1993*
 Castañeda MJ, *nº 9, 1995*
 Cox R, *nº 10, 1995*

De la Torre A, *nº 1, 1994*
 De Sena E, *nº 9, 1995*
 Del Campo E, *nº 2, 1993*
 Delgado A, *nº 1, 1994*
 Díaz-Caneja D, *nº 9, 1995*
 Díaz de la Cruz F, *nº 12, 1996*
 Durán A, *nº 1, 1991*

Escudero JM^a, *nº 1, 1991*
 Espinosa A, *nº 11, 1996*

Félix J, *nº 12, 1996*
 Fell TP, *nº 13, 1996*
 Fernández F, *nº 2, 1994*
 Fernández JL, *nº 1, 1993*
 Fernández M, *nº 9, 1995*
 Fernández Amigot JA, *nº 7, 1994*
 Fernández Navarro PL, *nº 2, 1993*
 Fernández Soto JM, *nº 2, 1993; nº 2, 1994*
 Ferrer N, *nº 9, 1995*

Gallego Beuter JJ, *nº 2, 1994*
 Gallego Díaz E, *nº 1, 1993; nº 11, 1996*
 García O, *nº 13, 1996*
 García-Miguel A, *nº 9, 1995*
 Gascó C, *nº 1, 1994*
 Genovés García JL, *nº 13, 1996*
 Gómez P, *nº 9, 1995*
 Gómez Moraga A, *nº 13, 1996*
 Gómez Ros, JM, *nº 1, 1994*
 González A, *nº 7, 1994*
 González Reyes F, *nº 10, 1994*
 González Vila V, *nº 1, 1991*
 Goyanes VJ, *nº 1, 1993*
 Gras P, *nº 12, 1996*
 Guasp M, *nº 12, 1996*
 Guibelalde del Castillo E, *nº 2, 1993; nº 2, 1994*
 Gutiérrez I, *nº 9, 1995*

Hernández E, *nº 1, 1991*
 Hernández Lezana A, *nº 2, 1994*
 Hernández Vitoria A, *nº 12, 1996*
 Hernando I, *nº 9, 1995*
 Herranz R, *nº 1, 1991*
 Hodgson A, *nº 13, 1996*
 Hodgson SA, *nº 13, 1996*

Iñiguez J, *nº 2, 1994*
 Iranzo CE, *nº 11, 1996; nº 13, 1996*

Iranzo E, *nº 2, 1994*

Janssens A, *nº 13, 1996*

Jouve A, *nº 12, 1996*

Leal J, *nº 9, 1995*

Llanes R, *nº 13, 1996*

Lochard J, *nº 8, 1995*

López M^a A, *nº 9, 1995*

López Ortiz G, *nº 1, 1993; nº 2, 1993; nº 1, 1994*

Losada C, *nº 1, 1993*

Losada G, *nº 1, 1993*

Markkanen M, *nº 13, 1996*

Martí Vidal JF, *nº 11, 1996*

Martín J, *nº 9, 1995*

Martín Curto LM, *nº 1, 1991*

Martín García JE, *nº 1, 1993*

Martínez J, *nº 11, 1996*

Massé FX, *nº 7, 1994*

Mengíbat R, *nº 1, 1991*

Merino A, *nº 1, 1991*

Millán Cebrián PE, *nº 12, 1996*

Millán Gómez R, *nº 12, 1996*

Mingot F, *nº 1, 1993; nº 8, 1995*

Muirhead C, *nº 10, 1995*

Muñiz JL, *nº 1, 1994*

Navarro N, *nº 10, 1995*

Navarro T, *nº 9, 1995*

Noriega F, *nº 1, 1991*

Pérez Vázquez J, *nº 1, 1991*

Prades López A, *nº 10, 1995*

Quindós Poncela LS, *nº 2, 1993*

Ramón y Cajal S, *nº 1, 1994*

Ramos R, *nº 1, 1991*

Ramos Salvador LM^a, *nº 11, 1996*

Rebollar A, *nº 1, 1991*

Revilla JL, *nº 10, 1995*

Robles B, *nº 2, 1994*

Romero J, *nº 1, 1994*

Romero González L, *nº 1, 1994; nº 12, 1996*

Sáez JC, *nº 2, 1994*

Sáenz R, *nº 2, 1994*

Salvador S, *nº 10, 1995*

Sánchez R, *nº 1, 1994*

Sancho Llerandi C, *nº 10, 1995*

Sastre JM, *nº 9, 1995*

Simón I, *nº 2, 1994*

Sinnaeve J, *nº 8, 1995*

Sollet E, *nº 1, 1991; nº 2, 1994; nº 12, 1996*

Soto Torres J, *nº 2, 1993*

Stather J, *nº 10, 1995*

Stradling GN, *nº 13, 1996*

Suañez A, *nº 2, 1994*

Suárez Mahou E, *nº 7, 1994*

Sugier A, *nº 11, 1996*

Tobajas LM, *nº 1, 1991*

Tobarra González B, *nº 13, 1996*

Torres C, *nº 2, 1994*

Torres R, *nº 9, 1995*

Ubeda A, *nº 9, 1995*

Usera Mena F, *nº 9, 1995*

Valcárcel F, *nº 1, 1994*

Vañó Carruena E, *nº 2, 1993; nº 2, 1994*

Vázquez C, *nº 2, 1994*

Veganzones A, *nº 8, 1995*

Veiras C, *nº 1, 1993*

Villaescusa JI, *nº 8, 1995*

Webb GAM, *nº 1, 1994*

ÍNDICE DE ARTÍCULOS (1992-1996)

Nº 1. 1991

Modificaciones más importantes en las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Influencia de las nuevas recomendaciones del ICRP en Diseños Operativos. Aplicación práctica a la Protección Radiológica e instalaciones nucleares.

Ficha Médico-Laboral.

Protección del paciente en Medicina Nuclear.

Nº 2. 1992

Análisis de la normativa aplicable al cálculo de blindajes en aceleradores lineales.

Protocolo de control de calidad en mamografía.

Dicéntricos. Dosímetros biológicos para la exposición a Rayos Gamma procedentes del cobalto-60.

Nº 1. 1993

Colaboraciones

Valoración del daño cromosómico originado por una dosis de rayos X. Comparación de los análisis de cromosomas dicéntricos, micronúcleos e intercambios entre cromátidas hermanas.

Modelos de apoyo a la evaluación tras una contaminación radiactiva del medio ambiente.

Perspectivas de la protección radiológica ante el desarrollo de las nuevas tecnologías médicas con radiaciones ionizantes.

Contribución invitada

El Programa de I+D en protección radiológica de la UE.

Nº 2. 1993

Colaboraciones

Dosis de radiación debidas al radón en España.

Aplicación de criterios ALARA a contratistas y otros trabajos exteriores.

Protección y seguridad láser en el ámbito médico.

Contribución invitada

Participación española en el programa de I+D en protección radiológica dentro del Area de Seguridad de la Fisión Nuclear de la UE (1992-1993)

Nº 1. 1994

Colaboraciones

Medida de dosis absorbidas en el rango del Gy con LiF: Mg, Cu, P (GR-200).

Sistemas experimentales en radiobiología: métodos de evaluación de radiosensibilidad en cultivos celulares.

Radioecología de Transuránidos en el Mediterráneo español.

Contribución invitada

Optimización de la protección radiológica: una manera de pensar en plena evolución.



Nº 2. 1994

Colaboraciones

Producciones y consumo de alimentos en España para su aplicación en evaluaciones de impacto radiológico.

Estudio preliminar sobre aspectos de protección radiológica en Radiología Vascolar Intervencionista.

Metodología para la evaluación comparativa de la seguridad de los sistemas para la disposición final de los residuos tóxicos y radiactivos.

Contribución invitada

EURADOS, Grupo Europeo para la colaboración en la investigación y desarrollo de la dosimetría.

Nº 7. Vol. 2. 1994

Colaboraciones

El mapa de radiación natural y dosimétrico de España (proyecto MARNA).

Establecimiento y mantenimiento de la acreditación profesional en protección radiológica.

Contribuciones invitadas

Informe 1993 del Comité Científico del UNSCEAR.

Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante.

Nº 8. Vol. 3. 1995

Colaboraciones

Investigación en protección radiológica en el 4º Programa Marco de la Unión Europea (1994-1998).

Los efectos psíquicos y sociales de las situaciones post-accidentales: algunas enseñanzas del accidente de Chernobyl.

Objetos del test en Tomografía Axial Computarizada. Aportaciones al Protocolo Español sobre Control de Calidad.

Resumen del Cuarto Plan de Residuos Radiactivos.

Contribución invitada

Las primeras propuestas para la medida de los Rayos Röntgen (1896-1897).

Nº 9. Vol. 3. 1995

Colaboraciones

Técnicas sustitutivas a la utilización de radioisótopos marcadores en investigación biológica.

Dosis de radiación a pacientes en radiodiagnóstico en cinco hospitales españoles.

Medidas de contaminación interna y estudio dosimétrico en la población infantil.

Contribución invitada

Problemática de las radiaciones no ionizantes.

Nº 10. Vol. 3. 1995

Colaboraciones

Cáncer inducido por radiación a dosis y tasas de dosis bajas.

Metodología para la evaluación de incorporaciones de radionucleidos mediante medidas indirectas.

Reciclado de metales procedentes del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.

II Jornadas de I+D en la gestión de residuos radiactivos.

Contribución invitada

La percepción social del riesgo: algo más que discrepancia entre expertos/público.

Nº 11. Vol. 4. 1996

Colaboraciones

Estudios de bioquímica pulmonar de plutonio y americio asociados a partículas de suelo.

Dosis impartida al paciente en medicina nuclear diagnóstica.

Limitación, vigilancia y control de efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas.

La evaluación de consecuencias económicas de los accidentes nucleares, una puesta al día.

Contribución invitada

Aspectos éticos de la gestión de los riesgos radiológicos.

Nº 12. Vol. 4. 1996

Colaboraciones

Experiencia de rehabilitación de suelos en el escenario de Chernobyl.

Cultura de seguridad en protección radiológica.

Gestión de Emergencias en instalaciones radiactivas.

Contribución invitada

El Plan Quinquenal de Investigación (1996-2000) del Consejo de Seguridad Nuclear: Protección Radiológica.

Circular Informativa

Conferencia Internacional. Una década después de Chernobyl: recapitulación de las consecuencias del accidente.

Nº 13. Vol. 4. 1996

Colaboraciones

Inducción de micronúcleos en linfocitos humanos irradiados.

Coefficiente de dosis y evaluación de la incorporación por inhalación de polvo contaminado. Aplicación de los nuevos modelos biocinéticos de la C.I.P.R.

Chernobil. Panorama del programa cubano con niños de áreas afectadas por el accidente.

Contribuciones invitadas

Aspectos más relevantes de las nuevas normas básicas de protección radiológica de la Unión Europea (Directiva 96/26).

Disposiciones sobre radiación natural incluidas en la nueva Directiva de Normas Básicas de Seguridad.

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. 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.

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

3. Siempre que sea posible se acompañará el texto escrito del correspondiente **diskette** con el 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 un 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 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.



ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de
las centrales nucleares europeas

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

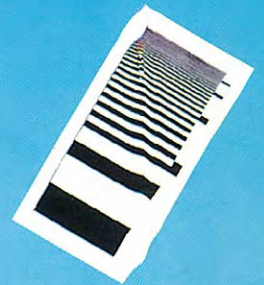


 **ENUSA**

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

PTW-FREIBURG

Control de Calidad en Radiodiagnóstico



**HELGESON
SCIENTIFIC
SERVICES, S.A.**

Avda. Cámara de la Industria, 18. Polígono Industrial N.º 1
28938 MOSTOLES (MADRID) TELF. 646 62 67 - FAX: 647 11 41