

# RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



- ✓ **OPTIMIZACIÓN**  
*de la protección radiológica:  
VALOR MONETARIO  
del Sv. persona para dosis  
ocupacionales*
- ✓ **APLICACIÓN**  
**INFORMÁTICA** para  
*el CONTROL DE CALIDAD  
de PROCESADORAS  
automáticas de PELÍCULAS*
- ✓ *Medidas para reducir  
el RADÓN*
- ✓ **PROTECCIÓN** contra  
*las RADIACIONES: Del  
pasado al futuro*
- ✓ **ENTREVISTA:** Coloquio  
*entre representantes  
de FRALC, SPPCR y SEPR*

Nº 14 • Vol. V • 1997

**15 años al Servicio de la PROTECCION RADIOLOGICA**

**Dpto. Comercial**

## Münchener Apparatebau (mab)



**Monitor de Pies-Manos-Ropa para contaminación  $\alpha/\beta$  gamma**

### Otros

- Desclasificación de materiales Radioactivos.
- Monitor de lodos y partículas.
- Tomador de muestras.
- Porticos de cuerpo entero.
- 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. Técnico

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

### Dpto. Informatico

- 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 RADIOLÓGICA  
Nº14. Vol. V • 1997

Director: Emilio Iranzo

#### Comité de Redacción

Coordinadora: María Teresa Macías  
David Cancio, Teresa Ortiz, M<sup>o</sup> Luisa España y  
Alicia Martínez

#### Comité Científico

Coordinador: José Gutiérrez  
Josep Baró, Pedro Carboneras, José M<sup>o</sup> García Oú-  
rós, Eugenio Gil, Fernando González, José Gutiérrez,  
Miguel Herrador, Jerónimo Iñiguez, Ildefonso Irún, M<sup>o</sup>  
Cruz Lizuain, Antonio R. López, Gloria Martí, Luis M.  
Martín Curto, Armando Merino, Cristina Núñez, Pilar  
Olivares, M<sup>o</sup> Cruz Paredes, Vicente Pastor, Turiano  
Picazo, Santiago Quindos, José Carlos Saez, Antonio  
Salvador, M<sup>o</sup> Luisa Sánchez-Mayoral, Francisco J. Ruiz  
Boada, Angeles Sánchez, Carlos Sancho, Matilde San-  
tos, Luis M. Tobajas, Manuel Tormo y Eliseo Vaño.

#### Edita

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

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

Presidente: Eduardo Sollet  
Vicepresidente: Xavier Ortega  
Vicepresidente (Congreso 1998):  
Montserrat Ribas  
Vicepresidente (Asuntos Especiales):  
Leopoldo Arranz  
Secretario: Manuel Fdez. Bordes  
Tesorero: José Pío Carmena  
Vocales:  
Ignacio Amor  
David Cancio  
Antonio López  
Cristina Núñez  
de Villaviciencio

#### 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 RADIOLÓGICA es una  
publicación técnica y plural que puede coincidir  
con las opiniones de los que en ella colaboran,  
aunque no las comparta necesariamente.

Depósito Legal: 17158  
ISSN: 1133-1747

# SUMARIO

✓ Editorial	5
✓ Colaboraciones	
• OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	6
“Optimización de la protección radiológica: valor monetario del Sv persona para dosis ocupacionales” <i>E. Sollet Sañudo, P. Carmena Servet</i>	
• CONTROL INFORMÁTICO DE PROCESADORAS DE PELÍCULAS	16
“Diseño de una aplicación informática para el control de calidad de procesadoras automáticas de películas” <i>A. Merillas del Castillo, E. Guibelalde del Castillo, J.M. Fernández Soto, E. Vaño Carruana</i>	
• MEDIDAS PARA REDUCIR EL RADÓN	26
“Medidas para reducir el radón” <i>M. Conceição Faisca, M. Manuela, R. Teixeira</i>	
✓ Contribución invitada	31
“Protección contra las radiaciones: del pasado al futuro” <i>O. Ilari</i>	
✓ Entrevista	48
“Coloquio mantenido entre representantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC), de la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones (SPPCR) y de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)”	
✓ Opinión	61
✓ Noticias S.E.P.R.	72
✓ Informaciones de interés	76
✓ Información del Grupo Iberoamericano	84
✓ Publicaciones	87
✓ Convocatorias	89

# SOCIOS COLABORADORES SEPR

**AGFA** 



  
**IBERDROLA**

**PHILIPS**

**enresa**



**INITEC**



**SIEMENS**

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



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

**3M**



*Gracias a todos  
por vuestro apoyo*

# Cooperación iberoamericana y Optimización

# E

s motivo de satisfacción iniciar el año manifestando el gran interés que supone el establecimiento de una colaboración sincera y fructífera con nuestros colegas peninsulares y con los del otro

lado del Atlántico a los que nos une una misma identidad cultural, idiomática y actividad profesional, que va a incidir sin duda en la creación de una cooperación científico-técnica de amplio alcance y en la constitución de una plataforma de actuación común en la comunidad internacional de protección radiológica.

Estamos seguros que esta plataforma traerá importantes beneficios a todos sus componentes y servirá de referencia para que las opiniones y propuestas que de ella se deriven, en la línea de potenciar el conjunto de la comunidad de protección radiológica, sean tenidas en cuenta y sirvan de impulso acelerado al desarrollo de sus actividades y a una adecuada y completa aplicación de esta disciplina de la protección radiológica en todo el área iberoamericana.

Para contribuir al inicio de esta colaboración, **RADIOPROTECCIÓN** queda abierta a la recepción y publicación de artículos procedentes de todos los países iberoamericanos. En este número de la revista se inicia

precisamente una sección específica dedicada a transmitir la información del Grupo Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica. Para nosotros, sería una gran satisfacción poder incluir en todos los números de nuestra revista, a partir de ahora, un trabajo o colaboración representativo de las actividades desarrolladas en estos países en materia de protección radiológica y que describiese no sólo los logros científicos y tecnológicos conseguidos, sino también las inquietudes, problemas y necesidades presentes. Este intercambio de experiencias tendrá sin duda una correspondencia mutua y servirá para estrechar nuestros lazos y potenciar la colaboración entre nuestras sociedades.

Iniciadas las actividades para trasponer a la reglamentación española la nueva Directiva de la Unión Europea para la protección de los trabajadores y del público contra los riesgos de las radiaciones ionizantes, parece oportuno realizar algunas consideraciones sobre la aplicación del criterio de Optimización, que de nuevo es considerado como el principio fundamental de la protección radiológica. En este sentido todavía quedan esfuerzos por realizar entre todos los agentes implicados para conseguir una armonización en los criterios de aplicación práctica que tengan en cuenta las características propias de cada fuente y práctica y la experiencia acumulada.

La optimización debería ser entendida, en su aplicación práctica, como un equilibrio entre la protección alcanzada y los niveles de riesgo residuales, que se apoye en

una utilización eficaz de los recursos de protección y que preserve la equidad en la distribución de las dosis individuales.

La estimación de las consecuencias radiológicas o, lo que es lo mismo, la valoración de los riesgos residuales, implica ejercer juicios de valor que no siempre encuentran cabida en un dominio científico. Los aspectos sociales, económicos y éticos deben asimismo ser tenidos en cuenta y se mueven en un dominio de difícil cuantificación.

En la búsqueda del equilibrio y entre las opciones que se presentan aparece el balance coste-beneficio, una de cuyas consideraciones tiene en cuenta criterios económicos, al trasladar tanto los riesgos como los beneficios a un mismo patrón de cuantificación. Es por ello conveniente que exista algún valor de referencia en términos monetarios tanto del riesgo como del beneficio, valor que, sobre unas bases más o menos uniformes, permitiera a cada responsable traducir su compromiso hacia la protección radiológica en general y hacia la optimización en particular.

Este valor monetario del riesgo y del beneficio debe estar en consonancia, como es evidente, con la realidad económica del país, y, aunque no implique necesariamente una declaración oficial sobre el mismo, sí debería avanzarse hacia la consecución del mayor consenso posible sobre el valor o rango de valores más idóneos en relación a la verdadera situación socioeconómica de España.



# OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: VALOR MONETARIO DEL Sv. PERSONA PARA DOSIS OCUPACIONALES

# L

*a publicación 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) establece que “la mayoría de los métodos usados en la optimización tienden a poner el énfasis en los beneficios y en los detrimentos a la sociedad. Sin embargo, es improbable que los beneficios y detrimentos se distribuyan de forma igualitaria entre un individuo y otro”. Para evitar esto, el principio de optimización se formula ahora de la siguiente manera: “La magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la posibilidad de recibir una dosis, aunque*

*no se tenga la certeza de ser recibida, se mantengan tan bajos como razonablemente sea posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Este procedimiento se someterá a una restricción de las dosis individuales o de los riesgos individuales para limitar las desigualdades que puedan surgir de las opciones sociales y económicas que se ejerzan.” Más que a la reducción óptima de las dosis colectivas, la ICRP recomienda reducir el número de personas expuestas y la dispersión de las dosis individuales. Está implícito en estas recomendaciones que se debe dar la mayor prioridad a las dosis individuales más altas. Ahora la decisión está tomada; en caso de conflicto, la reducción de las dosis individuales prima sobre la reducción de las dosis colectivas. Para llevar a cabo el principio de optimización, este artículo sugiere la adopción de un sistema para computar el valor monetario de referencia del sievert.persona que satisfaga las nuevas recomendaciones de la ICRP y asegure una coherencia global dentro del sistema de protección radiológica.*

Eduardo Sollet  
Sañudo (\*),  
Pío Carmena  
Servet (\*\*)

(\*) IBERDROLA -  
Generación Nuclear.  
(\*\*) UNESA

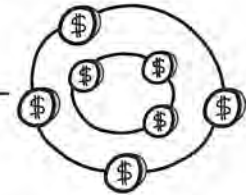
***Publication 60 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) points out that "most of the methods used in the optimization tend to emphasize the benefits and the detriment to society. The benefits and the detriments are unlikely to be distributed through the society in the same way. Optimization of protection may thus introduce a substantial inequity between one individual and another". To avoid this, the optimization principle is now formulated by ICRP as follows: "The magnitude of the individual doses, the number of people exposed, and the likelihood of incurring exposures where these are not certain to be received should be kept as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account. This procedure should be constrained by restrictions on the doses to individuals or the risks to individuals, so as to limit the inequity likely to result from the inherent economic and social judgments." Beyond the optimal reduction of the collective exposure, now ICRP 60 recommends to reduce the number of persons exposed and the scatter of individual exposures. It is implicit in this recommendation that the high priority must be given to the highest individual exposures. Now the decision is made; in case of conflict, reduction of individual exposures should go first than reduction of collective exposures. In order to implement the optimization principle, this article suggests the introduction of a system to compute the reference monetary values of the person.sievert satisfying the new ICRP recommendations and ensuring a global coherence within the whole system of radiological protection.***

## INTRODUCCIÓN

La puesta en práctica del concepto de optimización de la protección radiológica (ALARA) está permitiendo reducir las exposiciones individuales y colectivas e introducir un modelo de gestión racional de los recursos tanto humanos como materiales, destinados a la protección radiológica. El objetivo que se pretende conseguir con la optimización, conforme a las recomendaciones de la Publicación 60 de la ICRP (Comisión Internacional de Protección

Radiológica), consiste en que: *la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la posibilidad de recibir una dosis, aunque no se tenga la certeza de ser recibida, se mantengan tan bajos como razonablemente sea posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales y que el procedimiento de optimización, con las restricciones de dosis individuales que se observen, limite la desigualdad en el reparto de las dosis individuales que pueda darse en situaciones particulares.*

Para poder comparar el nivel de protección logrado con los beneficios obtenidos en términos de dosis evitada, la Publicación 26 de la ICRP propuso la definición de un sistema de valores monetarios de referencia para la unidad de dosis colectiva. El sistema que se utilice para determinar estos valores numéricos traduce el comportamiento que tienen hacia los riesgos radiológicos quienes deciden sobre las distintas opciones de protección radiológica y más en particular hacia la consideración que se adopta sobre los riesgos individuales.



## OBJETIVO

Se pretende con esta propuesta presentar al conjunto de la comunidad radiológica nacional (nuclear y radiactiva), incluyendo al organismo regulador, un conjunto de valores del Sv. persona para su aplicación a las dosis ocupacionales, racionales y aceptables, obtenidos mediante la aplicación de un método sencillo, lógico, traceable y que permite su actualización, para que puedan ser utilizados en los análisis coste-beneficio de las diferentes opciones empleadas en la optimización de la protección radiológica con prioridad para aquellas situaciones en las que concurren las dosis ocupacionales más altas.

## DESARROLLO HISTÓRICO

La noción de equidad, introducida de forma inequívoca y explícitamente en los fundamentos de la optimización, ya se menciona en la Publicación 22 de la ICRP (1973).

La formulación más sencilla del análisis coste-beneficio, establecida en la Publicación 26, se basaba solamente en dos factores: el coste de implantar una determinada opción de protección y la dosis colectiva asociada con ella. Ambos factores se expresan en los mismos términos; por tanto, la opción óptima es aquella obtenida del valor mínimo de la suma de ambos.

Opción óptima = Mínimo de  $(X + Y)$ , donde

$X$  = Coste de Protección Radiológica asociado a la implantación de la opción  $i$  de protección, y

$Y_i$  = Coste asociado al detrimento sobre la salud.

El método más sencillo para expresar el detrimento en unidades monetarias es multiplicar la dosis efectiva colectiva (en adelante, dosis colectiva) asociada a la opción "i", es decir  $(S_i)$ , por un valor monetario de referencia predeterminado (alfa), asociado a la unidad de dosis colectiva, tal que:

$$Y_i = \alpha S_i$$

El análisis anterior únicamente compara los costes de la protección radiológica con la dosis colectiva, pero para incluir otros factores relevantes en la técnica analítica es necesario extender el campo de aplicación de análisis coste-beneficio.

Uno de los factores de la protección radiológica que se tienen que considerar como más relevantes en los análisis coste-beneficio se refiere a las dosis individuales involucradas:

El juicio sobre una determinada opción de protección no parece que deba ser el mismo cuando, a igualdad de dosis colectiva, están implicados un gran número de personas con una dosis muy pequeña que cuando la dosis colectiva se reparte entre un número de individuos con altas dosis y, de modo especial, cuando estas dosis están próximas a los límites de dosis.

Un método sencillo, para incorporar esta consideración adicional en el análisis coste-beneficio, consiste en modificar el valor asignado a la unidad de dosis

colectiva, suplementándolo con otros términos que tengan en cuenta el rango de las dosis individuales involucradas.

Estos términos adicionales en la evaluación del coste total del detrimento, para tener en cuenta consideraciones asociadas a la distribución de las dosis individuales, fueron introducidos en las Publicaciones 37 (1983), 42 (1984) y 55 (1989) de la ICRP.

El término adicional  $\beta$  se introdujo en la componente del coste del detrimento, de la siguiente manera:

$$Y = \alpha S + \sum_j (\beta_j S_j)$$

donde  $S_j$  es la dosis colectiva que proviene del conjunto de individuos  $N_j$  del grupo "j", cada uno de ellos con una dosis individual  $H_i$ , y  $\beta_j$  es el valor adicional asignado a la unidad de dosis colectiva en el grupo  $j$ .

Una forma sencilla de operar con el término  $S_j$  es trabajar en rangos de dosis individuales, para los que se puede establecer un valor  $\beta$  correspondiente.

Otro término adicional que debe ser tenido en cuenta en el análisis coste-beneficio es el término  $P$  asociado al coste de producción o al coste de la práctica, dependiente también de la distribución de las dosis individuales, e introducido para reflejar el correspondiente incremento del valor de la dosis evitada, debido al incremento de los costes de producción atribuidos a la distribución y magnitud de las dosis individuales.



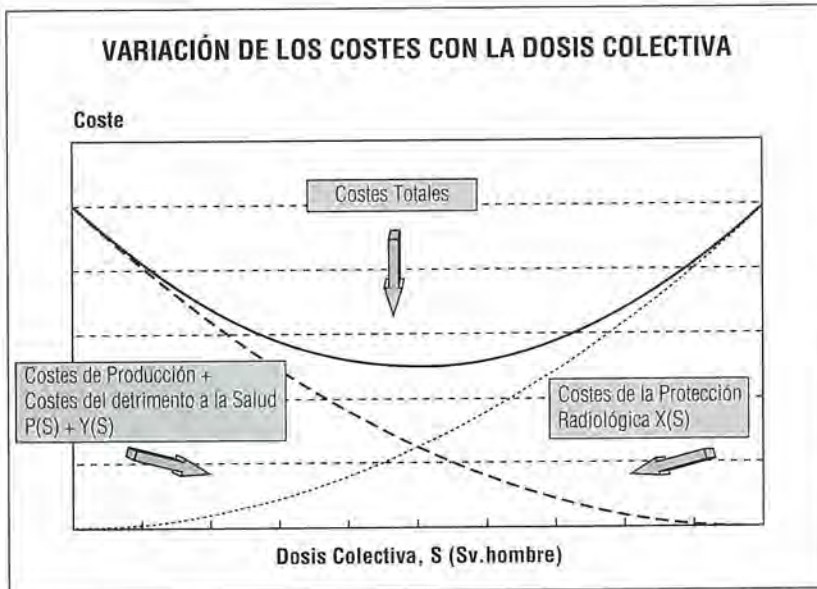


Figura 1.

El concepto asociado a este término adicional proviene de la consideración de que los costes de producción habrán aumentado como consecuencia de la inversión en medidas de protección adicionales necesarias para disminuir el valor promedio de las dosis individuales y/o reducir el número de individuos en los rangos de dosis más altas.

En general  $P = \sum (\gamma S_i)$

Conforme la dosis de un individuo o grupo de individuos se aproximan al límite de dosis, los riesgos asociados se aproximan a un valor inaceptable (ICRP-60), por lo que se hace necesario dedicar mayores recursos económicos para evitar estas altas exposiciones. Esto se ve de forma simplificada en la figura 1, en donde los costes de producción ( $P$ ), de la protección radiológica ( $X$ ) y del detri-

mento a la salud ( $Y$ ) están representados en función de la dosis colectiva. La opción óptima que maximiza el beneficio neto  $B$  con la introducción de una práctica específica es aquella que anula la derivada de "B" con la dosis efectiva "S", es decir:

$$B = V - (P + X + Y),$$

siendo  $V$  el beneficio conseguido con la práctica, que en general será independiente de la dosis colectiva  $S$ .

El beneficio óptimo se obtendrá cuando

$$\frac{dV}{dS} - \left( \frac{dP}{dS} + \frac{dX}{dS} + \frac{dY}{dS} \right) = 0$$

y puesto que  $V$  es independiente de  $S$ ,

$$\frac{dX}{dS} = - \left( \frac{dP}{dS} + \frac{dY}{dS} \right)$$

y recordando la forma las ecuaciones de  $P$  e  $Y$ , se puede expresar, de forma general, que:

$$dX/dS = I(\alpha + \beta + \gamma)$$

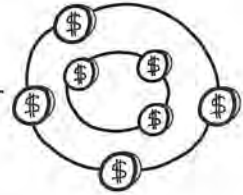
El término  $\alpha$  se considera generalmente asociado al valor monetario mínimo que sólo es aplicable a bajas dosis y refleja una parte de los costes del detrimento a la salud (pérdida de productividad y costes médicos).

El término  $\beta$  refleja el valor monetario que incrementa los costes, debido al incremento de las dosis de los individuos, y es de difícil caracterización, pues, aparte de los costes del mayor riesgo de los trabajadores, incluye además otros costes debidos a apreciaciones no objetivas (ansiedad o inquietud por el incremento del riesgo individual) y otros costes no asociados al detrimento, como puede ser el deseo de los operadores de evitar grandes variaciones en la distribución de la dosis colectiva que pudieran implicar a muy pocas personas con dosis consideradas inaceptables. Este término también refleja el tratamiento o la consideración que hacia los riesgos individuales realizan quienes deciden sobre la optimización.

El término  $\gamma$  representa el coste adicional de producción, como consecuencia de la inversión en medidas de protección adicionales necesarias para reducir las dosis individuales más altas.

## OPTIMIZACIÓN Y EQUIDAD

En la Publicación 60, la ICRP reconoce que el detrimento, asociado con la exposición a las radiaciones ionizantes, es un



concepto complejo, en el que se combinan aspectos tales como la probabilidad, severidad y momento de aparición del daño y que no es fácil de representar por una única variable:

La ICRP, así mismo, indica que se hace necesario la cuantificación del detrimento por varias razones: para recomendar límites de dosis, para la elección de los factores de ponderación de los tejidos y para servir de base en la evaluación de la unidad de dosis colectiva para su uso en los estudios de optimización. La ICRP concluye que los diferentes aspectos del detrimento y sus diferentes tratamientos hacen inapropiado la elección de un único enfoque en su análisis.

En la recomendación de los límites de dosis y en la elección de los factores de ponderación, la ICRP tiene en cuenta las incidencias de los cánceres mortales y benignos con unos factores de peso definidos en función de letalidad, años de vida perdidos y enfermedades hereditarias derivadas de la exposición. Sin embargo, no hay ninguna recomendación sobre cómo tratar el detrimento para fines de optimización.

Como se ha indicado anteriormente, la necesidad de disponer de más de un único valor monetario de referencia para cuantificar el detrimento tiene su origen en la existencia de grupos de individuos con dosis altas o que se aproximan a los límites y, en este contexto, la aversión o rechazo a estos riesgos está relacionado con la existencia de estos grupos de personas.

"La aversión al riesgo se define como el esfuerzo individual creciente para evitar un riesgo cuando el nivel de riesgo aumenta."

El concepto de equidad es introducido por la ICRP en la Publicación 60, aunque no se define con claridad. Sin embargo, en párrafos siguientes de la publicación se expresa que la magnitud de las dosis individuales se ha de reducir —"se ha de tener en cuenta la aversión al riesgo"—, dedicando más esfuerzos en la reducción de las dosis individuales que se aproximen a los límites, y "se ha de realizar una evaluación de la dosis total de los individuos por todas las fuentes de radiación para determinar si existen personas con una probabilidad alta de desarrollar un efecto estocástico".

Del concepto de equidad se derivan las restricciones de dosis para imponer un límite a la magnitud de las dosis individuales y evitar que pocos individuos reciban dosis altas o muy altas. Parece claro que, sin equívocos, tienen prioridad las actuaciones que reducen las dosis individuales sobre las que reducen la dosis colectiva a igualdad de beneficio obtenido; o, dicho de otro modo, la optimización de la protección radiológica no debe traer consigo una desigualdad en el reparto de las dosis individuales.

Es, por tanto, posible definir el concepto de equidad como el esfuerzo o la voluntad en reducir prioritariamente el riesgo de las personas que presentan un riesgo más alto, es decir, las más expuestas, juntamente con la reducción de la dispersión de los

riesgos entre individuos, es decir, reducir la dispersión de las dosis individuales.

En este contexto se puede asociar la noción de equidad con la aversión o rechazo hacia la dispersión de los riesgos individuales.

Por otro lado, la prioridad en la reducción de los niveles de exposición más elevados se corresponde con una práctica muy recomendable: "la prudencia", que tiene un alto grado de amortización social y es una inversión rentable, y que es muy difícil desligar de la responsabilidad de la dirección.

La aplicación de los conceptos de aversión y prudencia a la protección radiológica, en la que se supone una relación lineal entre dosis y riesgo estocástico, significa que no solamente es necesario dedicar mayores recursos para evitar una unidad de dosis cuando las dosis individuales aumentan, sino que, además, este aumento debe ser cada vez mayor cuanto mayor sean las dosis individuales.

El párrafo anterior tiene otra lectura mucho menos controvertida y mucho más sencilla de entender. No parece lógico que se gaste la misma cantidad de recursos en reducir una cantidad de dosis colectiva, en la que los individuos involucrados recibirían una dosis  $X$ , que en reducir la misma dosis colectiva cuando los individuos recibirían una dosis  $2X$ . Si el riesgo individual se duplica, los recursos dedicados a esa reducción del riesgo también, al menos, deben duplicarse. Como existe una relación lineal entre dosis y riesgo, al

menos, debería haber la misma relación entre dosis y recursos dedicados a la optimización. Si a esto se une el concepto de responsabilidad en el sentido de que se tienen que primar los esfuerzos de reducción de las dosis más altas, se llega a la conclusión lógica que la relación anterior no es lineal, se desvía de la linealidad conforme aumentan las dosis individuales.

Hay que admitir, en base al sentido común, como hipótesis de partida, que por debajo de un cierto nivel de exposición individual, la existencia de una dispersión en las dosis individuales no es significativa y, por lo tanto, el valor monetario de la unidad de dosis podría ser constante. Por encima de este nivel, el valor monetario de la unidad de dosis, teniendo en cuenta la magnitud de las dosis individuales, crece con el nivel de exposición individual y este crecimiento no es lineal, sino que es cada vez mayor, al aumentar la dosis individuales.

## MODELO PROPUESTO

El modelo que se propone para determinar los valores monetarios de referencia de la unidad de dosis colectiva, según la metodología de las Publicaciones 37 y 55 de la ICRP, es el siguiente:

El coste total "C", asociado a la dosis colectiva de un grupo de "n" personas uniformemente expuestas a una dosis "D", será:

$$C = \alpha_{ref} \times n \times D$$

$\alpha_{ref}$  =  $f(\alpha, \beta, \gamma)$ , en donde:

$\alpha_{ref}$  es el valor monetario de referencia para la unidad de dosis colectiva para un nivel de exposición individual "1".

$f(\alpha, \beta, \gamma)$  es una función, definida con anterioridad, de  $\alpha$  (coeficiente que modifica el valor monetario para tener en cuenta los costes del detrimento a la salud),  $\beta$  (coeficiente que modifica el valor monetario para tener en cuenta otros costes a la salud y sociales, y que depende de la magnitud de las dosis individuales) y  $\gamma$  (coeficiente que modifica el valor monetario para tener en cuenta los costes adicionales de producción asociados a las dosis individuales) y puede responder a una expresión como la siguiente:

$$f(\alpha, \beta, \gamma) = \alpha_0 [f(D)]^a$$

$\alpha_0$  = valor monetario mínimo de la unidad de dosis colectiva independiente de la magnitud y dispersión de las dosis individuales.

$f(D)$  = es una función de la dosis individual.

"a" = exponente de la función  $f(D)$ , cuyo valor numérico está acotado por los siguientes requisitos:

- El coste total de la dosis colectiva debe ser una función creciente de ella misma.
- Para tener en cuenta la reducción de la dispersión de las dosis individuales, el coste total de la dosis colectiva debe ser una función creciente con la dosis individual.

- La función que representa el coste total debe ser tal que incite o prime la reducción prioritaria de las dosis individuales más elevadas.

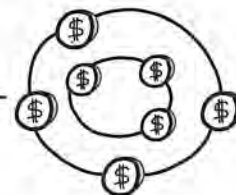
La forma más sencilla de la función  $f(D)$  es una función lineal con la dosis individual, a partir de valor para el cual la dispersión de las dosis individuales no es significativa, lo cual, a su vez, es función del grado de aceptación por la población expuesta o por la sociedad en general, del riesgo asociado con las radiaciones ionizantes.

Teniendo en cuenta que el límite de dosis anual para los miembros del público ha sido estimado en base a la consideración del máximo riesgo aceptado de forma involuntaria por los miembros de la población, parece lógico que ese valor de dosis individual coincida con el límite anual de dosis para el público.

Por lo tanto, la forma de expresar  $f(D)$  es relacionarla con la dosis  $D$  y con la dosis  $D_0$  de referencia, que determina el nivel básico o mínimo del valor monetario de la dosis por debajo del cual este valor es constante, independientemente de la magnitud y dispersión de las dosis individuales. La lógica aconseja, como se ha indicado anteriormente, asociar  $D_0$  con el límite de dosis a la población, por tanto, se puede expresar que el valor máximo de  $D_0$  será igual a 1 mSv.

En esta situación se tiene que:

$[f(D)]^a = (D/D_0)^a = D^a$ , por tanto (con  $D$  en mSv)



$$C = \alpha_0 \times D^a \times D \times n = \alpha_0 \times D^{a+1} \times n$$

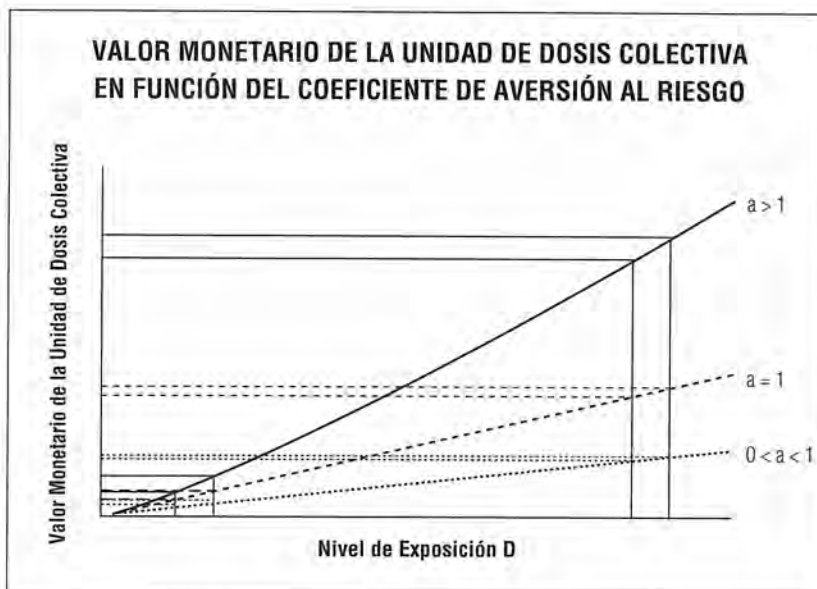
Las tres condiciones expresadas anteriormente hacen que el valor de "a" tenga que ser mayor que la unidad. En efecto, para que  $C$  sea:

- Una función creciente de la dosis colectiva ( $n^\circ$  de individuos) es necesario que "a" sea mayor que "-1".
- Una función creciente con las dosis individuales ( $D$ ), "a" tiene que ser mayor que "0", y
- Una función que prime la reducción de las dosis individuales más altas es necesario que "a" sea mayor que "la unidad", como se observa en la figura 2.

En efecto, si  $a < 1$ , entonces el ahorro asociado en la reducción de dosis individuales en la zona de las dosis más altas es menor que el ahorro obtenido en la zona de las dosis bajas, con lo que se estaría primando la reducción de las dosis más bajas.

Si  $a = 1$ , entonces ambos ahorros son iguales y, aunque existiera algún tipo de incentivo para reducir la dispersión de las dosis individuales, no habría ninguna diferencia en cuanto al nivel de las dosis individuales relacionadas con la reducción.

Si  $a > 1$ , el ahorro total asociado a la reducción de las dosis individuales más altas es mayor que el asociado con la reducción de las dosis individuales más



**Figura 2.**

bajas. Con ello se consigue incentivar la prioridad en la reducción de las dosis individuales más altas.

El valor de  $\alpha_0$  se puede definir como sigue:

$\alpha_0 = \Sigma$  (probabilidad de aparición de un efecto estocástico asociado con la unidad de dosis colectiva) x (coste mínimo del detrimento asociado con el efecto).

Es decir,  $\alpha_0$  está formado por dos términos, *la probabilidad del efecto y el coste del efecto*.

Para la obtención del valor numérico de  $\alpha_0$  se ha escogido el enfoque denominado "Capital Humano". Esta forma de actuar tiene en cuenta la pérdida potencial que sufre la sociedad con la muerte prematura de un individuo. También se incluyen algunos costes adicionales,

como los derivados de los gastos médicos asociados con dicha muerte.

El valor calculado de esta forma es la cifra mínima que se debería gastar en evitar una muerte, puesto que únicamente entran en su definición criterios económicos y no contiene ninguna consideración de tipo subjetivo, como el dolor o el sufrimiento de la víctima o de sus familiares y amigos.

Este enfoque utilizado para  $\alpha_0$  cumple con los requisitos expuestos con anterioridad para este valor mínimo de la dosis colectiva y es independiente del valor de la misma.

La metodología escogida para el cálculo de  $\alpha_0$  es la desarrollada por el OIEA en la Guía de Seguridad N° 67 (costes de pérdida de productividad y de asistencia médica), que utiliza una versión simplificada del enfoque sobre el capital humano.

Se determina a partir de la evaluación monetaria de la pérdida de esperanza de vida estadísticamente asociada a la unidad de dosis colectiva bajo la hipótesis de la relación lineal dosis-efecto, utilizando los coeficientes nominales de probabilidad (factores de riesgo) de la Publicación 60 de la ICRP y en su determinación entran tanto la probabilidad del efecto como el coste del detrimento asociado con él.

Los supuestos utilizados, según la metodología del OIEA, son:

- El promedio de pérdida de esperanza de vida, según el ICRP-60, por un cáncer radioinducido es de 15 años y de 20 años para un efecto hereditario severo.
- El factor de riesgo total somático (cánceres benignos y mortales) por efectos estocásticos para un trabajador expuesto es de  $4,8 \times 10^{-2}$  por Sv y de  $0,8 \times 10^{-2}$  por Sv, para tener en cuenta los efectos hereditarios severos como consecuencia de esa exposición del trabajador.

Por tanto, la pérdida estadística de esperanza de vida asociada con 1 Sv. persona se puede evaluar como la probabilidad de aparición de cualquier efecto estocástico somático y/o genético, ponderada por la pérdida promedio de esperanza de vida asociada con cada uno de los efectos, es decir:

$$4,8 \times 10^{-2} \times 15 \text{ años} + 0,8 \times 10^{-2} \times 20 \text{ años} = 0,88 \text{ años} \approx 1 \text{ año (por Sv. persona)}$$

La siguiente etapa consiste en encontrar el valor monetario para un año de pérdida de vida. El método utilizado se basa en la renta per cápita, que es un indicador del nivel de vida en un país y en promedio representa lo que un individuo dejaría de producir para la sociedad de ese país en un año. Esta forma de proceder lleva implícito el reconocimiento de que a lo largo de un año cada individuo contribuye a la riqueza de la nación en una cantidad igual a la renta per cápita, ya que, a causa de la naturaleza probabilista del efecto, no es necesario entrar en detalles sobre la aportación real de los individuos particulares.

Se incorpora la componente no letal al detrimento añadiendo el coste médico promedio del tratamiento de un cáncer durante un año; y sea este coste promedio M.

Una primera evaluación de este coste promedio M, obtenida de resultados preliminares de estudios llevados a cabo en Cataluña para la estimación del coste asistencial de un cáncer, incluida la radioterapia asociada, ofrece unos resultados aproximados de 350.000 pts/año para el año 1990, que extrapolados a 1996 se pueden considerar como de 500.000 pts/año.

El Proyecto de Ley de Presupuestos Generales para 1997 establece un PNB para ese año cercano a los 80 millones de pesetas. Como la población española es de casi 40 millones de personas, se obtiene que la renta *per cápita* para 1997 será aproximadamente de  $2,0 \times 10^6$  pesetas.

Por tanto,  $\alpha_0$  será igual al producto de estos dos factores, la probabilidad de pérdida de esperanza de vida asociada a 1 Sv.persona, multiplicada por el valor de la renta per cápita más el coste médico promedio "M", asociado al tratamiento anual de un cáncer en España, es decir:

$$\alpha_0 = 2,0 \times 10^6 + M = 2,0 \times 10^6 + 500.000 \\ = 2,5 \times 10^6 \text{ (pesetas / Sv. persona)}$$

Queda, por último, cuantificar el valor de "a".

EDF (Electricité de France) ha elegido para "a" un valor de 1,35, promedio entre un mínimo de 1,2 y un máximo de 1,5.

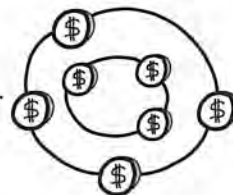
Si suponemos que ambos extremos son válidos para España y, puesto que, según la nueva directiva comunitaria que adapta las recomendaciones del ICRP-60, sólo es necesario la dosimetría individual cuando las dosis puedan superar 6 mSv/año, se obtendrá finalmente que:

$$\min(\alpha_{rel}) = (2,5 \times 10^6) \times (\text{un valor comprendido entre 9 y 15}) \\ \text{por Sv. persona para dosis anuales de 6 mSv, es decir}$$

$$25,0 \times 10^6 < \min(\alpha_{rel}) < 40,0 \times 10^6 \text{ (pesetas) y}$$

$$\max(\alpha_{rel}) = (2,5 \times 10^6) \times (\text{un valor comprendido entre 36 y 90}) \\ \text{por Sv. persona para dosis anuales de 20 mSv, es decir}$$

$$90,0 \times 10^6 < \max(\alpha_{rel}) < 225,0 \times 10^6 \text{ (pesetas).}$$



Por tanto, la tabla de valores de Sv. persona que se propone utilizar es la que se indica en la tabla y que se refleja en las figuras 3 y 4.

**CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS**

La opinión de los autores de este artículo es que la metodología propuesta y desarrollada respeta el espíritu de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), debe servir de reflexión a los que tomen la decisión sobre las diferentes opciones de optimización y permite establecer una serie de valores monetarios asociados al detrimento causado por la exposición a las radiaciones ionizantes, que pueden ser de aplicación en las diferentes situaciones de optimización de la protección radio-

RANGO DE DOSIS INDIVIDUALES (D)	VALOR DEL Sv · PERSONA
$D < \text{de } 1 \text{ mSv/año}$	$2,5 \times 10^6$ pesetas
$1 \text{ mSv/año} \leq D \leq 6 \text{ mSv/año}$	$25,0 \times 10^6$ pesetas
$6 \text{ mSv/año} \leq D \leq 10 \text{ mSv/año}$	$50,0 \times 10^6$ pesetas
$10 \text{ mSv/año} \leq D \leq 20 \text{ mSv/año}$	$130,0 \times 10^6$ pesetas
$D > \text{de } 20 \text{ mSv/año}$	$400,0 \times 10^6$ pesetas

lógica asociada con la exposición ocupacional.

Se debe propiciar un consenso sobre la metodología y los valores propuestos, de forma que sean válidos para el conjunto de posibles usuarios y valorados en este sentido por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En la utilización de estos valores monetarios debe quedar claro que constituyen un argumento más de decisión

sobre la optimización de la protección radiológica y que no deben ser usados a ultranza. Muchas veces la mejor opción es la que se obtiene aplicando el sentido común, aunque no esté justificada desde el punto de vista económico.

La reflexión que implica este artículo se debe seguir desarrollando en varias direcciones particulares para dar cabida a:

- Otros tipos de exposición distintas de las ocupacionales, como son la exposición del público, las exposiciones médicas, las exposiciones a fuentes naturales de radiación y las exposiciones potenciales y de emergencia.
- La actualización de los valores monetarios para exposiciones a medio y largo plazo y crónicas.
- Asignar valores nacionales a "a".
- Establecer el papel de la "restricción de dosis" recomendada ahora por la ICRP para la exposición ocupacional. Ello podría implicar introducir un valor tope a las dosis individuales.

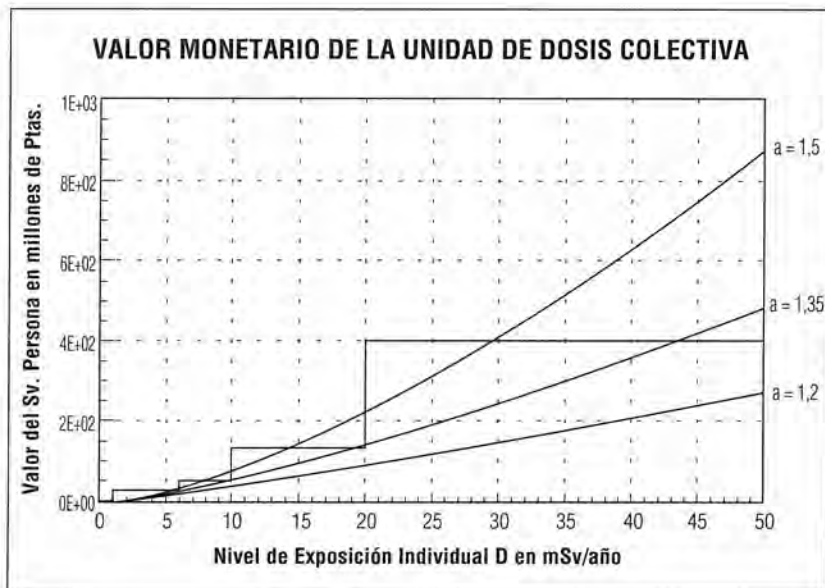


Figura 3.

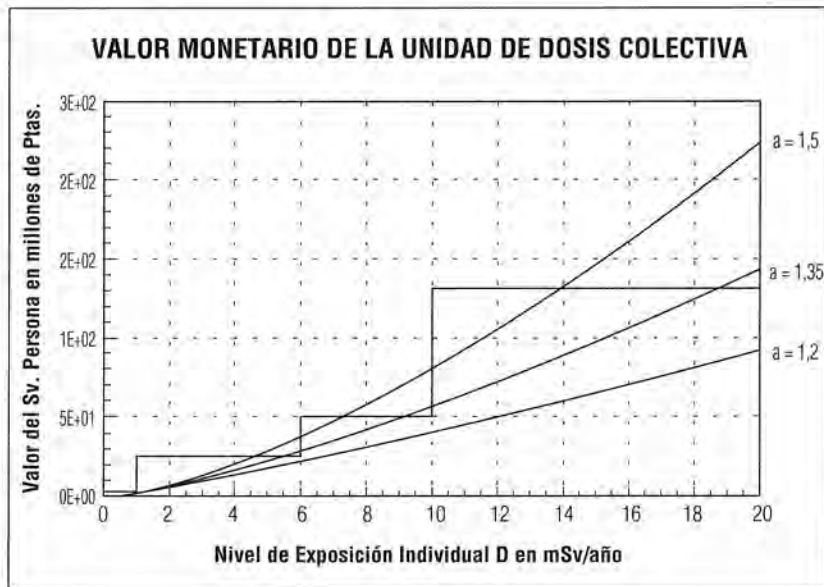


Figura 4.

## REFERENCIAS

1. ICRP (1991). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. Pergamon Press.
2. ICRP (1989). *Optimization and Decision Making in Radiological Protection*. ICRP Publication 55. Pergamon Press.
3. ICRP (1984). *A compilation of the Major Concepts and Quantities in Use by ICRP*. ICRP Publication 42. Pergamon Press.
4. ICRP (1983). *Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection*. ICRP Publication 37. Pergamon Press.
5. ICRP (1977). *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 26. Pergamon Press.
6. International Atomic Energy Agency, *Assigning a Value to Transboundary Radiation Exposure*, Safety Series N.º 67, IAEA, Vienna (1985).
7. International Atomic Energy Agency, *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*, Pre Publication Draft - Safety Series N.º 109, IAEA, Vienna (1994).
8. Commission of the European Communities, Radiation Protection. *ALARA. From Theory towards Practice*. Report EUR 13796 (1991).
9. *Livre Blanc de la Radioprotection. La Radioprotection à EDF, Orientation et Objectifs*. Comité de Radioprotection - Groupe de Coordination en Radioprotection (1991).
10. *Risk & Prevention*. Bulletin de Information du Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire N.º 11 (1992).
11. *Value and Public Health and Safety Actions and Radiation Dose Avoided*. Third draft. Radiological Sciences Division. Department of Advanced Technology. FIN A-3259. BNL (1993).
12. *Concepts and Methods for the Integration of Social and Ethical Values in Radiological Risk Management*. Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire. Report N.º 217 (1993).
13. *Reference Monetary Value System for the Man. Sievert: Equity and Time Dimensions*. Draft paper for the Health Physics. C. Lefaure, J. Lochard, D. Schieber, T. Schneider. Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), Francia.



# DISEÑO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PROCESADORAS AUTOMÁTICAS DE PELÍCULAS

**S**e presenta la descripción de un programa desarrollado por los autores y que se distribuye libre de costes para control de calidad de procesadoras de películas de radiodiagnóstico (CC-PRO ver 1.0.)\*. El programa se ha desarrollado para su utilización con densitómetros de lectura automática tipo X-Rite 380, admitiendo también entrada manual de datos. Mediante las tradicionales técnicas de sensitometría y el programa desarrollado con tal fin se puede realizar el cálculo de la evolución de las variables sensitométricas, sus tendencias y, en definitiva, el diagnóstico de las procesadoras de rayos X, con un importante aumento en productividad, facilidad de implantación y consistencia en el control.

*The description of a freeware software for quality control of film automatic processors in diagnostic radiology developed by the authors is presented (CC-PRO ver 1.0.)\*. The application has been developed for using with automatic scanning densitometers, type X-Rite 380, being also able for manual data acquisition. By means of standard sensitometric techniques and the thus developed software, the trend analysis of the sensitometric variables and the film processor diagnostic could be carried out with an important production improvement, easy management and test consistency.*

A. Merillas del Castillo<sup>1</sup>,  
E. Guibelalde del Castillo<sup>1</sup>,  
J.M. Fernández Soto<sup>2</sup>,  
E. Vañó Carruana<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Radiología  
(Física Médica).  
Facultad de Medicina.  
Universidad Complutense.  
28040 Madrid.

<sup>2</sup>Servicio de Física Médica.  
Hospital Universitario  
San Carlos. 28040 Madrid.

\* Copias del programa CC-PRO.1.0 pueden obtenerse del servidor Web del grupo de Física Médica de Madrid cuyo URL es "http://fisica.med.ucm.es" o bien solicitar copia del disquete a la secretaría de la S.E.P.R.



## INTRODUCCIÓN

El volumen de datos que se genera en los programas de control y garantía de calidad en radiodiagnóstico en un servicio de Física Médica o Protección Radiológica justifica plenamente la necesidad de contar con procedimientos automáticos o semiautomáticos de adquisición que permitan su posterior gestión y análisis informatizado. Muchos de los equipos de medida en uso en los programas de control y garantía de calidad admiten puertos de comunicaciones estándar, por lo que el diseño de programas informáticos para la gestión de la información generada no requiere, en principio, de una gran complejidad si se conocen claramente las necesidades prácticas: el tipo de procesamiento de datos a realizar, tipo de informes más habituales que genera el servicio, etc. El precio de estas aplicaciones es elevado dado que normalmente no se distribuye un número elevado de ellas, y poco competitivo, por lo que puede compensar, en principio, desarrollar "software" propio, adaptado a las necesidades del servicio.

El procesamiento de películas radiográficas es un componente fundamental en la cadena de formación de la imagen radiológica. Un funcionamiento incorrecto de las procesadoras tiene una influencia negativa en la calidad de la imagen, en la dosis que recibe el paciente y en los costes. Desde el punto de vista del control de calidad será necesario establecer programas de evaluación de las reveladoras que permitan observar diariamente el comportamiento y evolución de las mis-

mas para posteriormente diagnosticar anomalías y en algunos casos preverlas, dando posibilidad a los expertos en control de calidad a tomar las acciones correctoras pertinentes, aún antes de que se manifieste un deterioro de la imagen.

Por otra parte, el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (1) establece que el control del procesamiento se realizará por medios sensitométricos. El control se clasifica como ESENCIAL, estimándose el tiempo necesario para realizar un control típico en 20 min. También se señala que el perfil del personal que realiza el control puede ser el de un técnico. La mayoría de los protocolos o guías (2-5) señalan la conveniencia de realizar sensitometría diaria. Con tales antecedentes, teniendo en cuenta además la carencia de personal dedicado a tareas de control de calidad en los propios servicios de radiodiagnóstico, la falta de personal de las unidades de protección y el coste de desplazamientos a las procesadoras ubicadas en centros distantes, se hace evidente la utilidad de un sistema automático que evalúe el funcionamiento diario y las acciones a ejecutar en las procesadoras automáticas de forma rápida y eficiente. Dicho sistema nos va a permitir, por una parte, organizar toda la información administrativa involucrada en el control de calidad (códigos de centro, sala, procesadora...) y, por otra, representar las gráficas de las variables sensitométricas y curva característica para finalmente diagnosticar si fuera necesario la anomalía detectada y la acción correctora a tomar.

Aún cuando existen buenas opciones en el mercado que desarrollan aplicaciones similares a la aquí presentada (KODAK X-OMAT Process Control Manager de *Estmant Kodak, Co. Rochester N.Y.* o el BLACK CHECK de *PTW-Freiburg, Germany*), consideramos que el desarrollo de "software" por parte de los propios servicios de Física Médica, aún con las posibles limitaciones que pueda conllevar, es una actividad muy positiva de cara a conseguir la efectividad final deseada en la herramienta informática, dada la versatilidad que puede darse al producto adaptándolo a las necesidades específicas de cada centro.

En este artículo presentamos las bases para la implantación de un sistema propio, su funcionalidad y aplicaciones en la práctica actual, demostrando como su uso incrementa la productividad del control, la exactitud en el diagnóstico y la integridad y consistencia de los datos. La experiencia de puesta en explotación del programa en el servicio de Física Médica del Hospital Universitario San Carlos está siendo muy positiva. Se han reducido los tiempos estimados para la realización del control y se ha posibilitado que el control se desarrolle por técnicos en Radiodiagnóstico sin experiencia previa o con muy poca experiencia en control de calidad. La fase final del análisis de la procesadora sigue siendo supervisada por un experto que determina las acciones posteriores a realizar, pero con mayores facilidades a la hora de estudiar los datos. Estas funciones añadidas a la posibilidad de comparar distintas películas y densitómetros convierten la aplica-



**TABLA I. Ejemplo de tablas de decisión utilizadas por el programa**

Sensibilidad	Contraste	Temperatura	Velo	Posible causa
Crece bruscamente.	Crece bruscamente.			Fallo del sensitómetro.
Crece bruscamente.	Crece gradualmente	Crece.		Fallo en el termostato. Cambios en el flujo del agua. Alta temperatura del agua.
Crece bruscamente.	Crece gradualmente.	Constante.		Mezcla fuerte. Oxidación. Contaminación. Tiempo excesivo de procesado.
Crece bruscamente.	Crece gradualmente.	Decrece.		Sin datos disponibles.
Crece bruscamente.	Constante.			Sin datos disponibles.
Crece bruscamente.	Decrece gradualmente.			Fuga de luz.
Crece bruscamente.	Decrece bruscamente.			Fuga de luz.
Crece gradualmente.				Tasa de refuerzo alta. Disminución en el número de películas. Cambios de fabricación. Malas condiciones de almacenaje. Películas caducadas.
Constante.				La procesadora funciona correctamente.
Decrece gradualmente.				Tasa de refuerzo alta.
Decrece bruscamente.		Crece.		Sin datos disponibles.
Decrece bruscamente.		Constante.	Crece bruscamente.	Sin datos disponibles.
Decrece bruscamente.		Constante.	Crece gradualmente.	Oxidación. Contaminación.
Decrece bruscamente.		Constante.	Constante.	Contaminación.
Decrece bruscamente.		Constante.	Decrece gradualmente.	Sin datos disponibles.
Decrece bruscamente.		Constante.	Decrece bruscamente.	Tiempo corto de procesado. Mezcla débil. pH del revelador erróneo.
Decrece bruscamente.		Decrece.		Fallo del termostato. Caída del flujo del agua. Caída de la temperatura del agua. Caída de la temperatura del revelador.

ción en una herramienta adecuada para la investigación y control rutinario de las procesadoras automáticas.

## MATERIAL

El control automático de calidad de procesadoras con la herramienta presentada se está aplicando diariamente a todas las procesadoras del Hospital Universitario San Carlos. El sensitómetro utilizado es configurable por el usuario; en nuestro caso, actualmente se utiliza un X-RITE que, combinado con un densitómetro X-RITE-380 de lectura automática, nos permite el volcado de las lecturas al ordenador. Cualquier densitómetro con conexión a un ordenador personal sería igualmente válido a la hora de incrementar la automatización del control, modificando el núcleo de captura de datos. La introducción de datos por teclado también es posible. El programa se ha desarrollado con una herramienta visual, para el sistema Windows. Estos entornos tienen las enormes ventajas de reducir los tiempos de desarrollo y crear un entorno cómodo al usuario, de fácil uso y atractivo, características que permiten reducir a una pequeña fracción el tiempo necesario para el aprendizaje.

El programa ha sido desarrollado en Visual Basic 4.0. Se requiere la instalación previa del sistema Windows para su ejecución (versiones 3.1 o superiores). Las medidas y cálculos se pueden realizar incluso en ordenadores con estructura y procesadores relativamente antiguos con al menos 4MB de memoria RAM y procesador Intel 80386. Se requieren al

menos 2,5 MB de espacio libre de disco duro para su instalación. Se estima en unos 20KB el espacio requerido para archivar todos los datos generados por una procesadora durante un mes de control.

## DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

El análisis del sistema se basó fundamentalmente en reproducir el flujo de información de las situaciones reales en el programa. De esta forma el usuario seguirá, con ayuda de la aplicación, los mismos pasos que realizaba antes de automatizar el proceso: Captura de Datos, Representación Gráfica y Diagnóstico. Además se tuvieron en cuenta consideraciones de tipo administrativo a la hora de organizar las medidas por centros, procesadoras, películas y sensitómetros.

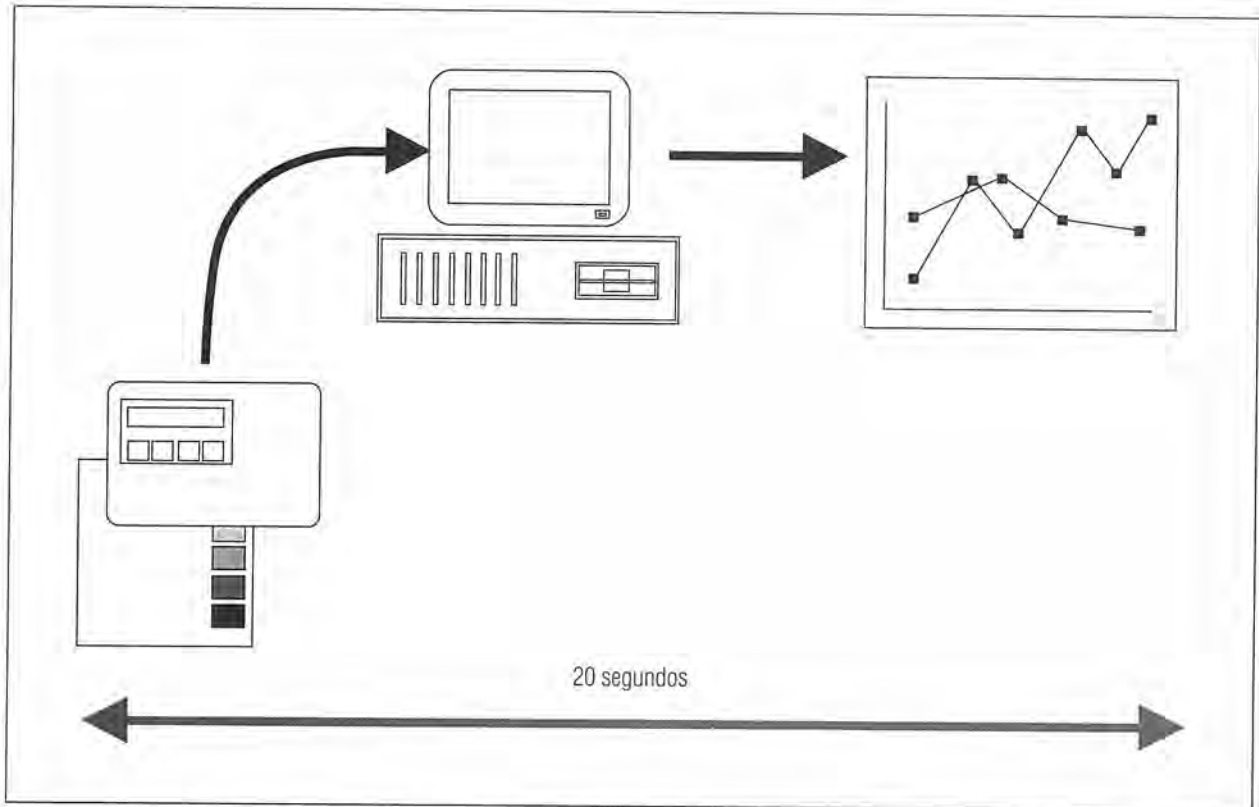
### Captura de datos

La Captura de Datos suele ser la más ingrata en el proceso de control de procesadoras. Las medidas manuales con densitómetro, la anotación en una tabla y su posterior representación gráfica conlleva generalmente que los controles se realicen únicamente a través de tres parámetros de decisión: velo, velocidad y contraste (y en todo caso, temperatura). Al poderse realizar una adquisición y presentación de manera automática, pueden leerse todos los escalones de una tira sensitométrica y almacenar en un fichero las curvas características diarias sin aumento de tiempo. Aún cuando el diagnóstico rutinario de la procesadora

pueda seguirse realizando por medio de la evolución de los tres parámetros sensitométricos citados, en muchos casos será muy conveniente poder acceder y comparar, como veremos, por superposición gráfica, curvas características completas.

Sirva como ejemplo de aumento de productividad decir que medir una tira de 21 escalones no supone más de 20 segundos. Además la consistencia es reforzada por el hecho de poder acceder posteriormente a la curva característica para los días que deseamos analizar en detalle.

El procedimiento que se lleva a cabo es el sensitométrico habitual: lectura densitométrica, registro en el campo correspondiente del programa de la fecha de la medida, la temperatura de la procesadora y selección del tipo de película utilizada, la caja empleada en el control y el sensitómetro utilizado, así como el tipo de exposición utilizado (una cara, doble cara, azul, verde, etc.); posteriormente desde el densitómetro se envían los datos de la lectura al ordenador que los almacena (Fig.1). El proceso es extremadamente simple y de corta duración. La comunicación densitómetro-ordenador obliga a programar una rutina distinta para cada aparato utilizado, pero de fácil implementación. En la actualidad se está considerando añadir estas rutinas en función de la necesidad de otros potenciales usuarios. Este sistema automático no se restringe a la utilización de una instrumentación determinada puesto que la introducción de las



**Figura 1.** Esquema del proceso automático. Lectura de datos-transmisión-análisis de datos.

densidades de manera manual también es posible.

El sistema comprueba la consistencia de los datos: no es posible guardar una medida de una procesadora inexistente por ejemplo, ni tampoco un escalón cuya densidad sea inferior a la densidad de algún escalón previo. Para agilizar el proceso de captura se utilizan los objetos gráficos estándar de Windows que permiten disminuir la cantidad de información necesaria para dar de alta la medida. Para asignar una procesadora basta con escoger una de las disponibles, no siendo necesario teclear sus datos (Fig.2).

### Representación gráfica

La representación gráfica es la fase central en el flujo de información del control sensitométrico. Si la exposición de los datos es clara y fiable, el diagnóstico de la procesadora será más fácil y seguro. Con anterioridad a la puesta en marcha del programa, los responsables del control representaban en papel milimetrado la evolución de las variables sensitométricas, utilizaban una gráfica para cada mes y se almacenaban junto con las tablas donde se anotaban el resultado de las medidas. Ahora este método cambia radicalmente al incluir

todas las mejoras que puede ofrecer el tratamiento automático de la información. La primera de estas ventajas es la *fiabilidad*, aseguran la ausencia de errores en el cálculo. La segunda ventaja es la *rapidez*, con una máquina de prestaciones medias se puede considerar la representación de las gráficas como instantáneo. La última consideración es la reducción del tamaño de la información, que ya no se almacena en carpetas, sino en un dispositivo magnético que va a reducir considerablemente el espacio. El control de procesadoras va a ser mucho más cómodo. Las búsquedas en un archivador se sustituyen por una bús-

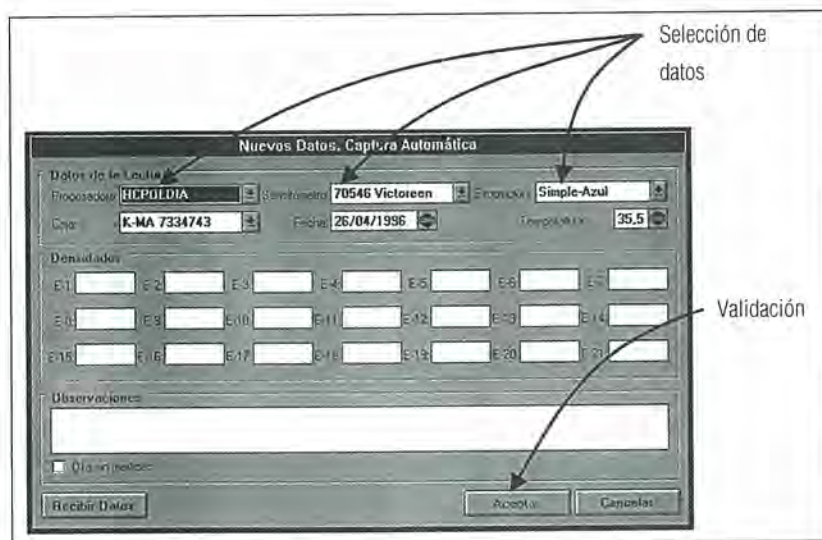


Figura 2. Pantalla de adquisición de datos: captura automática o manual.

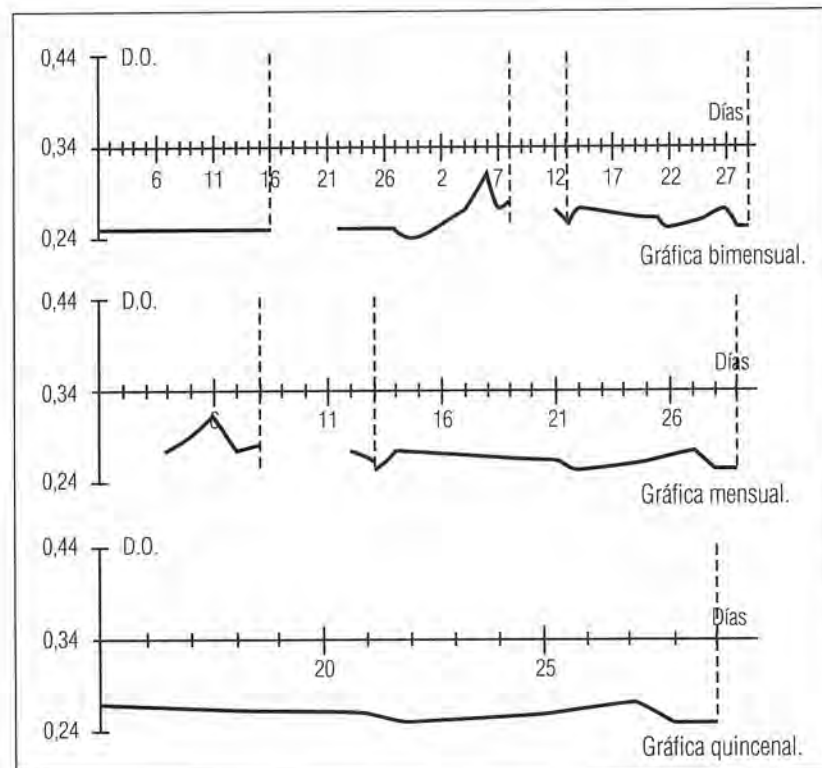


Figura 3. Presentación gráfica de las curvas de evolución. Pueden seleccionarse distintos períodos de tiempo en pantalla.

queda electrónica donde basta indicar qué procesadora se quiere estudiar y para qué fechas. El rango de representación ya no se reduce a un número de días fijos como en la representación basada en papel. Dado que la gráfica es calculada para cada consulta, se pueden establecer periodos mensuales, trimestrales, anuales o de la duración deseada sin ningún tipo de restricción (Fig.3). Los ajustados recursos disponibles en cualquier servicio hospitalario hacen poco abordables estudios comparativos de sensitometrías para distintos tipos de películas y sensitómetros. Ahora, para realizar el estudio, basta con revelar una película más e introducir los datos puesto que la gestión posterior de los mismos se encuentra totalmente automatizada. Otras ventajas deducidas del sistema provienen de poder visualizar dentro de la gráfica posibles anomalías u observaciones del control. Cuestiones tales como cuándo la procesadora estuvo apagada, o qué causa produjo la ausencia de control de la procesadora, se almacenan en el ordenador y se encuentran disponibles en una simple consulta de incidencias (Fig.4). Se separan por otra parte las distintas cajas de películas para poder saber fácilmente si las variaciones bruscas de las variables sensitométricas se deben al cambio de caja vieja a nueva. Estas medidas además se pueden presentar con separadores y ver los escalones periódicos producidos a lo largo del trimestre por el cambio de cajas.

Las gráficas comparativas son una de las mayores ventajas del programa, ya



que van a permitir solapar en la misma gráfica la evolución de un variable, por ejemplo el velo, y la evolución de la temperatura, facilitando al experto establecer relaciones entre las mismas.

La comparación simultánea de las medidas realizadas con distinta instrumentación o distintos tipos de películas o emulsiones permite trabajar con el programa a modo de herramienta científica. De este modo, se establece una opción para la evaluación de distintas películas y valoración de la distinta instrumentación que se utiliza para estos controles (Fig.5).

La gráfica de la curva característica se introduce en este programa con la posibilidad de comparar la curva obtenida con una predeterminada para el tipo de película utilizado y comparar la evolución de la curva para distintos días del control (Fig.6).

Como paso previo a la fase de diagnóstico se calcula una regresión lineal de los datos representados que va a mostrar la tendencia de la variable en el futuro.

Las tolerancias son completamente parametrizables por el usuario. Es el usuario mismo el que determina el valor objetivo de la variable sensitométrica en estudio así como los márgenes de tolerancia que desea aplicar (Fig.7). Estableciendo los límites de la gráfica podemos centrarnos en detalle en el estudio de una parte del gráfico de cara a diagnosticar.

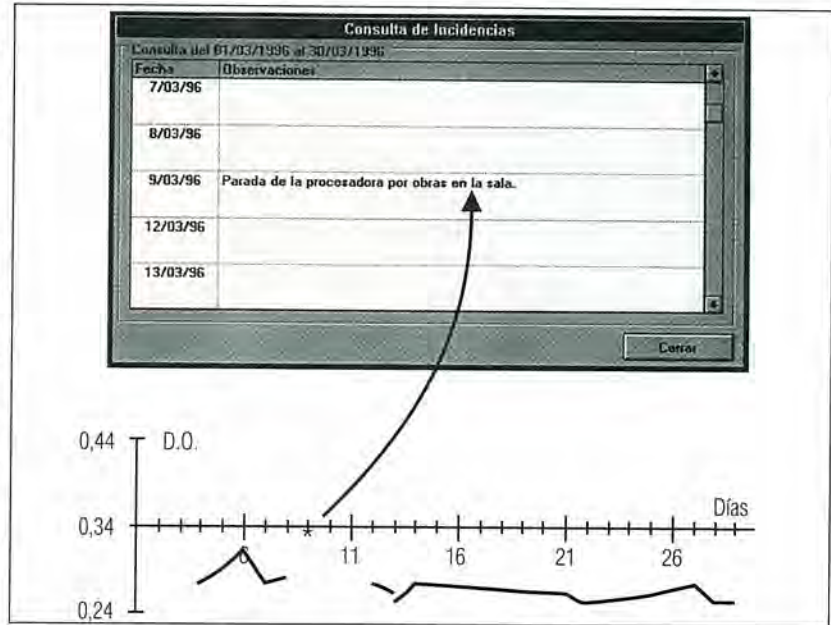


Figura 4. Pantalla para consulta de incidencias.

### Diagnóstico

Todo el proceso del control de procesadoras está orientado a la prevención de anomalías en su funcionamiento. Sin un

diagnóstico eficaz todo esfuerzo realizado será en vano. Por esta razón se ha realizado en la aplicación un diagnóstico automático que advierte de posibles fallos en el funcionamiento de las proce-

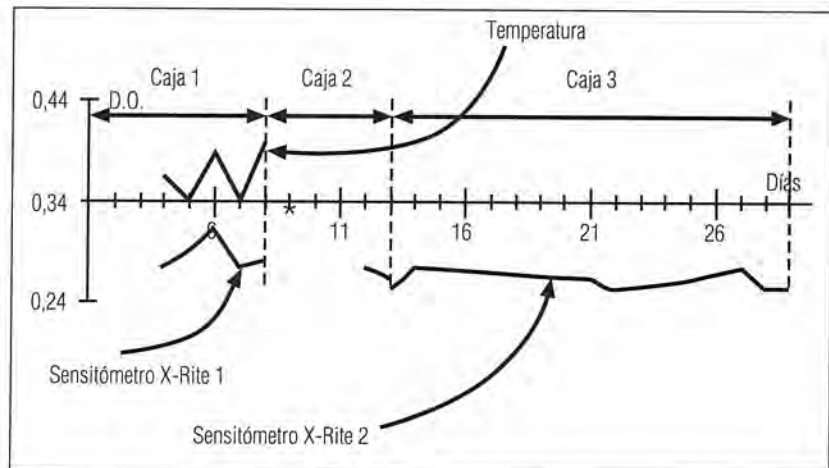
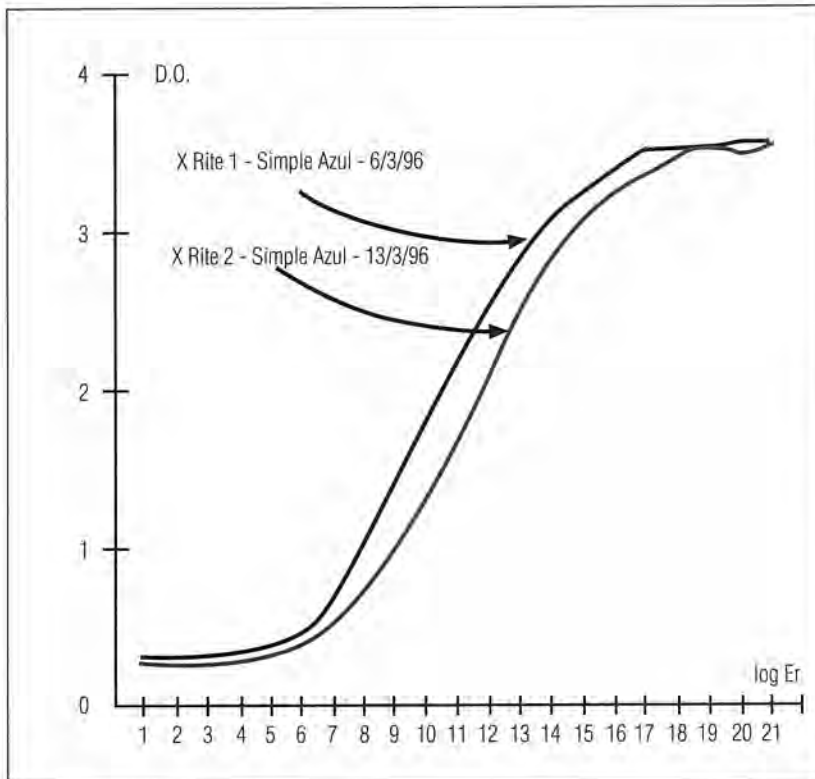


Figura 5. Establece una opción para la evaluación de distinto material, películas, cajas y valoración de la distinta instrumentación que se utiliza para estos controles.



**Figura 6.** Posibilidad de superponer curvas características comparando la curva con la ideal para el tipo de película utilizada, o curvas obtenidas en distintas fechas.

sadoras. La implementación de este diagnóstico se ha basado en las siguientes consideraciones:

- A partir de la evolución del velo, velocidad y contraste para un periodo de tiempo de interés podemos calcular la regresión lineal de estos datos y obtener una tendencia teórica de dichas variables. Combinando estas tendencias con las tolerancias marcadas por el usuario se puede averiguar qué día cortará la tendencia teórica con alguno de los márgenes de tolerancia establecidos. Si esta fecha de salida de tolerancia es

lo suficientemente próxima se tiene la primera advertencia del mal funcionamiento de la reveladora. Una vez reportada de la posible salida de punto de la procesadora se pasa al diagnóstico de la misma. Para automatizar nuestro control se utiliza la tabla de decisión representada en la tabla 1, que se ha tomado inicialmente de la bibliografía (5,6) y que debe completarse en función de la experiencia de utilización de la herramienta por parte de los potenciales usuarios. Se utilizan las pendientes de las regresiones lineales calculadas para conocer si las varia-

ciones son bruscas o moderadas. El usuario puede además introducir para qué valores de la pendiente de cada una de las variables va a considerar una variación brusca o moderada.

Identificadas las variaciones de las variables y clasificadas en cuanto a brusquedad y moderación, al experto sólo le resta identificar la situación actual con la posible causa que la motiva.

## CONCLUSIONES

Se presenta un producto informático que en la fase inicial de uso en el Servicio de Física Médica del Hospital Universitario San Carlos de Madrid está resultando efectivo caracterizándose por: una buena FIABILIDAD, VELOCIDAD y ADAPTABILIDAD (no sólo sirve para el control rutinario sino que admite además la realización de comparaciones entre tipos de películas, exposiciones y sensitómetros). Actualmente se está completando con una base de datos que el usuario puede ampliar y mantener sobre características de películas y cartulinas (Véase la Fig. 8, como ejemplo) y un sistema de generación automático de informes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro de un contrato del Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS, n. 95/1522).

Los autores agradecerían cualquier comentario o sugerencias del producto.

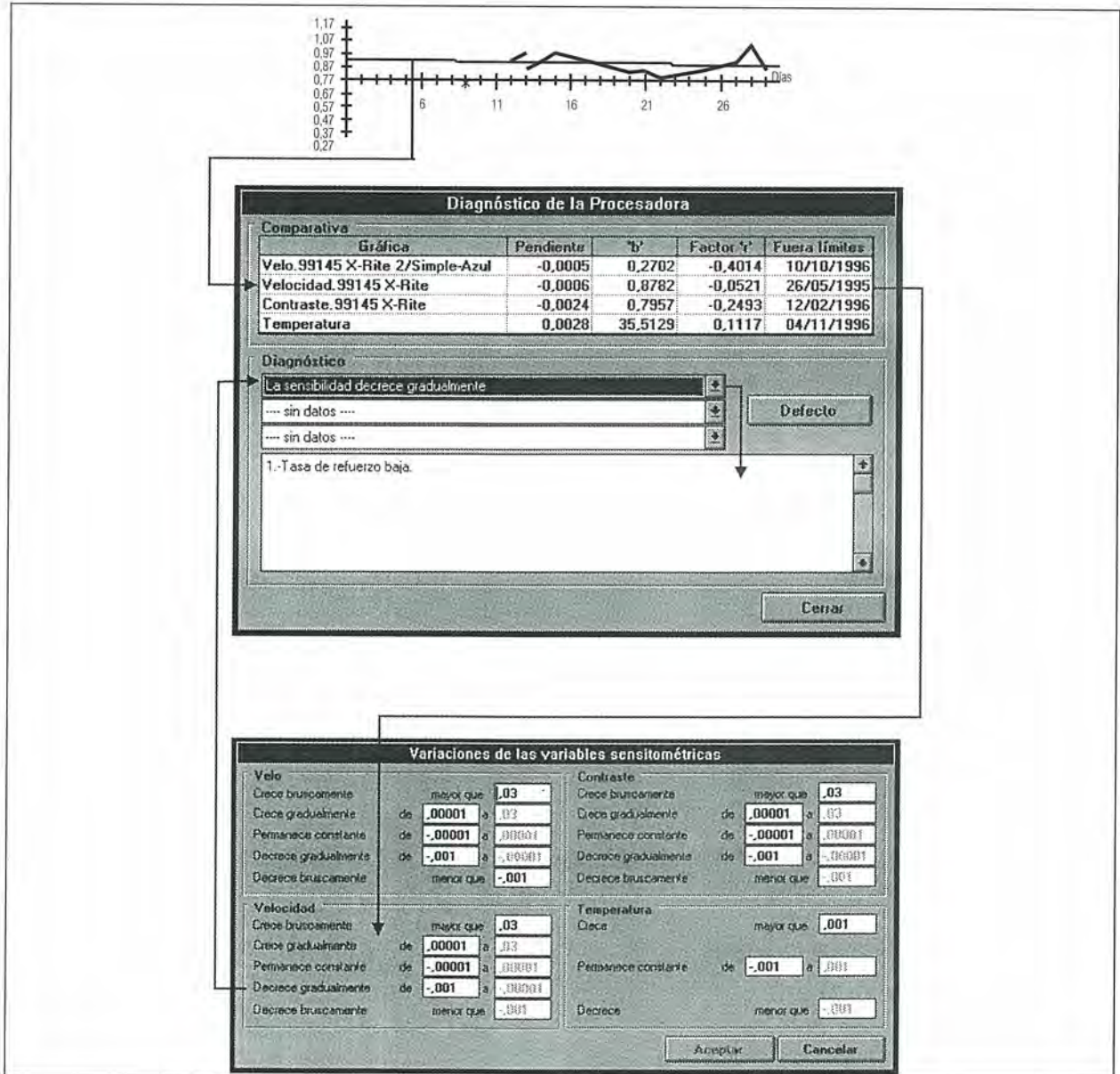


Figura 7. Ejemplo de las pantallas de análisis de anomalías y establecimiento de tolerancias.

Enviar a la atención de E.Guibalalde (e-mail: "egc@eucmax.sim.ucm.es") o de J.M. Fernández (e-mail: "jmsoto@eucmax.sim.ucm.es").

## REFERENCIAS

1. Sociedad Española de Protección Radiológica. Sociedad Española de

Física Médica. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico: Aspectos técnicos. 1996.



**Datos Generales de la Película**

**Datos Película**

Marcas: AGFA Observaciones al objeto: UNIVERSAL

Modelo: CURIX

Tipo: RP2

Respuesta:	AZUL	Gradiente a Densidad:	10-13 %
<input type="checkbox"/> Cartulina Recomendada:	CURIX BLUE C2	Tolerancia:	6%
Chasis Recomendado:	AGFA CURIX	Velo Soporte:	0,17
Absorción:	0,65 mmAl	Esp. Soporte:	175
Respuesta al Filtro G <sub>0</sub> /2:	0,17	Grano:	0,75
Otro Filtro Recomendado:	R1 0,06	Tipo Grano:	GLOBULAR
Temperatura Almacén:	23	Densidad A:	5,6
Humedad Almacén:		Esp. Emulsión:	3
Tiempo Almacén:	24	Anicrossover:	CONTROL
Velo 1/2 Densidad:	0,24	Procesador:	ESTÁNDAR
Velo a Densidad:	0,28-0,33		

**Datos Generales de la Cartulina**

**Datos Película**

Marcas: AGFA

Modelo: CURIX

Tipo: RP2

Cartulina: CURIX BLUE C2

Chasis:	CURIX	1 + velo:	4,47
Temperatura Revelador:	34	2 + velo:	8,7
kVp:	80	Gradiente:	2,9
mAs:	7,5	mGy-D1:	224
Filtración:	4	Sensibilidad Nominal:	250
Velo:	0,2	D. Máxima:	>3,5
0,25 + velo (microGy-1):	2,23	MTF-10%:	5,3

**Figura 8.** Ejemplo (película Agfa RP2) de la información sobre características de películas y cartulinas que el usuario puede introducir.



2. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD: Garantía de calidad en radiodiagnóstico. Publicación N. 469. Organización Panamericana de la Salud. 1984.
3. GARATE, M. Fundamentos de la Técnica Radiográfica. AGFA, Ed. Ancora. Barcelona. 1988.
4. Fundamentos de la imagen radiográfica. Departamento de productos radiográficos Kodak. Madrid. 1987.
5. MOORES, B.M., HENSAW, E.T, WATKINSON, S.A. y PEARCY, S.J. Practical Guide to Quality Assurance in Medical Imaging. John Wiley and Sons. 1987.
6. MCKINNEY, W. Radiographic Processing and Quality Control. J. B. Lippincott Co. 1988.

# MEDIDAS PARA REDUCIR EL RADÓN

**T**ras la realización, en Portugal, del programa de medidas de concentración de radón en viviendas a nivel nacional, se identificaron áreas con elevados niveles que se corresponden con zonas graníticas y de una unidad de explotación minera y tratamiento de uranio. El presente trabajo ofrece los resultados obtenidos de un estudio específico más exhaustivo, realizado en un edificio situado en la zona próxima a esta área minera, con el objetivo de cuantificar la contribución del suelo y las paredes a la concentración de radón y la eficacia de algunas medidas correctoras tendentes a la reducción de tales concentraciones. Aunque la ventilación natural parece ser el método de reducción más eficaz (65%), el clima frío de la región hace más aplicable la colocación de un pavimento de vinilo en el suelo, aun cuando con esta medida se obtenga una tasa de reducción menor (26%).

M. Conceição Faísca, M.  
Manuela y R. Teixeira  
Direcção Geral do Ambiente.  
Departamento de Protecção e  
Segurança Radiológica. E.N.  
nº 10, 2685 Sacavém,  
Portugal.

***The indoor radon national survey in Portugal identified some areas, granitic or close to a uranium mining and milling site, with high radon concentrations. This paper presents the results obtained from a specific study, carried out in a dwelling located in the mentioned mining area, dealing with the contribution from the soil and walls to the radon concentration and the efficiency of the corrective actions applied. Natural ventilation seems to be the most efficient reduction method (65%), but the laying of a vinyl paved soil, with a lower reduction rate (26%), is a more applicable method due to the dominating cold weather in the area.***

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del riesgo radiológico asociado a la exposición a elevadas concentraciones de radón en el interior de viviendas ha tenido como consecuencia el desarrollo e implementación de medidas de mitigación, con el objetivo de reducir esas concentraciones.

En general, los niveles elevados de radón se deben al flujo exhalado debajo del suelo de la vivienda y que, a causa de diferencias de presión, entra por grietas y juntas. La utilización de materiales de construcción con tasas de exhalación de radón altas podrá también contribuir con un porcentaje significativo en las concentraciones medidas (1, 2).

Varios son los tipos de acciones que se podrán aplicar con el objetivo de reducir los niveles de radón y, asimismo, disminuir la dosis a los ocupantes.

## MEDIDAS DE CONCENTRACIÓN DE RADÓN Y SUS DESCENDIENTES

En el seguimiento del programa de medidas de la concentración de radón en el interior de viviendas realizado a nivel nacional, se identificaron áreas con elevados niveles de radón. Estas regiones corresponden a zonas de formación granítica, aunque algunas se localizan cerca de una unidad de explotación y tratamiento de mineral de uranio (3).

En esta región se eligió un edificio de dos plantas (planta baja y primera planta) con cámara de aire en toda su extensión, con varias aperturas al exterior. En una de las habitaciones de la planta baja, de 14 m<sup>2</sup> de área con una puerta, una ventana y suelo entarimado, se realizaron medidas de la concentración de radón y descendientes.

Con el objetivo de obtener un promedio anual de la concentración, teniendo en consideración las variaciones estacionales, se realizaron medidas de la concentración de radón y descendientes durante cerca de veinte meses.

Para la determinación de la concentración de radón se realizaron medidas



con detectores de trazas (película Kodak LR115) expuestos durante períodos de 1 a 3 meses. Se obtuvieron valores altos, con un promedio de  $1940 \text{ Bq m}^{-3}$  en un rango entre 1363 y  $4218 \text{ Bq m}^{-3}$ .

Para evaluar los descendientes del radón se realizaron muestreos con un equipo portátil (RDA 200) colocado a 1,5 m del suelo aplicándose el método de Thomas al cálculo de actividades. El promedio de los valores medidos fue  $140 \text{ nJ.m}^{-3}$  en un rango entre 50 y  $360 \text{ nJ.m}^{-3}$ .

Durante el período en que se realizaron estas medidas, se efectuaron igualmente medidas de la concentración de radón en el exterior en diferentes condiciones meteorológicas. Se obtuvieron valores entre 16 y  $426 \text{ Bq m}^{-3}$ .

### IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DE LA FUENTE DE RADÓN

Con objeto de aplicar medidas correctoras, se identificó el origen de la fuente radón realizando medidas de exhalación del suelo y de las paredes.

La determinación de la tasa de exhalación de radón del suelo y de las paredes se realizó con dispositivos apropiados que permanecieron fijos en el suelo (o en las paredes), alrededor de tres semanas. Con estos dispositivos se recogieron muestras de aire para celdas de centelleo (cámara de Lucas) y se midieron las concentraciones de radón en equilibrio.

Para las tasas de exhalación de radón del suelo se obtuvieron valores entre 1,1 y  $19,2 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Para las tasas de radón exhalado de las paredes se encontraron valores entre 0,5 y  $22,8 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ .

Se realizaron igualmente medidas de exhalación de radón del suelo cercano al edificio estudiado, utilizando un método de acumulación (4-6). Se utilizaron dispositivos cilíndricos con cerca de 10 l de volumen, con uno de los extremos cerrado y el otro abierto, enterrándose éste en el suelo a una profundidad de 60 cm. En el interior del extremo cerrado se colocó una película Kodak LR 115 durante un período de 24h.

Se realizaron varias medidas de exhalación de radón del suelo en diferentes épocas del año y los valores encontrados variaron entre 72 y  $336 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , valores superiores a los referidos en la literatura para un suelo estándar (7).

### MEDIDAS CORRECTORAS

Los valores muy elevados de concentración de radón condujeron a la aplicación de acciones de mitigación, para lo que se experimentaron dos procesos.

En el primer proceso se utilizó la ventilación natural (simple apertura de la ventana y de la puerta). Los valores registrados indican una reducción de 3 veces (promedio) en lo que se refiere a la concentración de radón y a la de sus descendientes (Figs. 1 y 2).

Sin embargo, considerando los valores individuales, se verifica que las concentraciones de radón y descendientes pueden disminuir hasta un factor de reducción de 10, lo que ha sido igualmente verificado por otros autores (10).

De acuerdo con los resultados anteriores del radón exhalado del suelo y de las paredes de la casa estudiada, se verifica que una de las causas de las elevadas concentraciones medidas se debe al



Figura 1. Influencia de la ventilación natural en la concentración del radón.



**Figura 2.** Influencia de la ventilación natural en la concentración de los descendientes del radón.

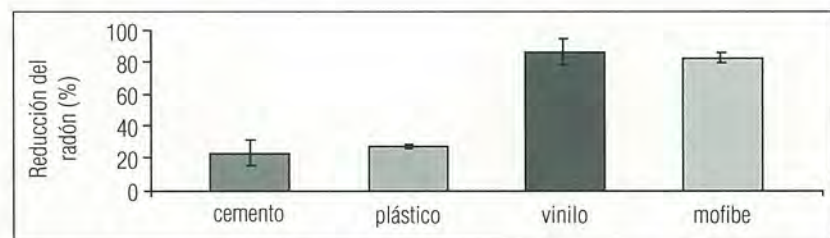
radón exhalado del suelo debajo de la casa. Por esta razón, en el otro proceso de mitigación, se colocó en el suelo un pavimento de vinilo de 3,3kg.m<sup>-2</sup>. Se seleccionó este material después de haber realizado en laboratorio pruebas a varios materiales de construcción que pudieran ser utilizados como barrera a la difusión del radón (11,12).

Para la realización de estas pruebas se utilizó un recipiente cilíndrico cerrado, de acero inoxidable, compuesto de dos compartimentos simétricos superpuestos. El compartimento inferior contiene una fuente de radón (suelo contaminado con <sup>226</sup>Ra). El otro compartimento simétrico fue invertido y está separado del primero por el material a prueba y que se utiliza como barrera a la difusión de radón. Se unieron bien los dos compartimentos para garantizar estanqueidad. Se mantuvo el conjunto durante algunas semanas hasta alcanzar el equilibrio. Posteriormente se recogieron muestras de aire de cada uno de los compartimentos para celdas de centelleo, determinándose sus respectivas actividades con equipo apropiado.

Se hicieron pruebas con cuatro materiales utilizados de forma corriente en construcción para cubrir o aislar el suelo. En la Fig.3 se presentan las tasas de reducción de concentración de radón obtenidas.

Una vez colocado el pavimento de vinilo y de haberse tapado la junta pared-suelo se volvieron a realizar medidas de concentración de radón y descendientes (sin la contribución de ventilación natural), durante un período de 12 meses.

Los resultados muestran un porcentaje de reducción prácticamente constante de cerca del 26% en la concentración de radón y de cerca del 45% en las concentraciones de los descendientes.



**Figura 3.** Estudio de algunos materiales utilizados como barrera a la difusión del radón.

## CONCLUSIONES

Considerando los dos procesos utilizados para reducir la concentración de radón en el edificio elegido, se verifica que la ventilación natural es el proceso con el que se obtuvo mayor reducción de las concentraciones de radón (cerca del 65%). Sin embargo, como este edificio se sitúa en una región de clima frío, este proceso de ventilación natural tiene poca aplicabilidad.

Con relación al otro proceso (aplicación de un pavimento de vinilo en el suelo), aunque la tasa de reducción de los niveles de radón haya sido inferior (26%), este proceso se revela eficaz una vez que la reducción se mantiene prácticamente constante durante los doce meses que siguieron a la aplicación de esta medida correctora.

## REFERENCIAS

- Orlando, P., Amici, M., Massari, P., Paoletti, C., Trenta, R. and Trevisi, R. - "The Evaluation of <sup>222</sup>Rn Emanation from Building Materials" - Proceedings of Healthy Buildings 95, vol. 2 pp. 677-681 (1995).
- Brien, R.S.O, Peggie, J.R. and Leith, I.S. - "Estimates of Inhalation Doses



- Resulting from the Possible Use of Phosphogypsum Plaster - Board in Australian Homes".
3. Faisca, M.C., Teixeira, M.M.R. and Bettencourt, A.O. - "Indoor Radon Concentrations in Portugal - a National Survey" - Rad. Prot. Dosimetry 1992; 45: 465-467.
  4. Ennemoser, O., Giacomuzzi, S.M.G., Brunner, P., Scheider, P., Stingl, V., Purtscheller, L. and Ambach, W. - "Radon Measurements in Soil to Predict Indoor Radon Concentrations in New Buildings in an Area with Unusually High Indoor Radon Levels" The Science of Total Environment 162, pp. 209-213 (1995).
  5. Labeled, V., Witschger, O., Robé, M.C. and Sanchez, B. - "<sup>222</sup>Rn Emission Flux and Soil-Atmosphere Interface: Comparative Analysis of Different Measurement Techniques", Rad. Prot. Dosimetry 1994; 56: 271-273.
  6. Schutz, M. and Keller, G. W.- "Problems of Radon Screening in the Upper Layer of the Soil"- Rad. Prot. Dosimetry 1994; 56: 235-237.
  7. Robé, M.C., Rannou, A. and Le Bronec, J. - "Radon in Houses: Identification and Transport Pathways and Radon Daughters Size Distribution"- Rapport DPEI/92-05 (1992).
  8. Kendall, G. M., Milles, J.C.H., Cliff, K.D., Green, B.M.R., Muirhead, C.R., Dixon, D.W., Lomas, P.R. and Goodridge, S.M. - "Exposure to Radon In UK Dwellings"- Publicação NRPB-R272 (1994).
  9. Deyuan Tian - " A Study of Ventilation Influence of Indoor Radon Level in Air"- Proceedings of Healthy Buildings 95, vol. 2 pp 733-737 (1995).
  10. Cavallo, A., Gadsby, K., Reddy, T.A. and Socolow, R. - " The Effect of Natural Ventilation on Radon and Radon Progeny Levels in Houses"- Rad. Prot. Dosimetry 1994; 45: 569-574.
  11. Faisca, M.C. and Teixeira, M.M.R. - "Resistência através de Barreiras ao Transporte de Radão"- 9ª Conferência Nacional de Física, Covilhã, Setembro (1994).
  12. Faisca, M.C. and Teixeira, M.M.R. - "Study of Different Reduction Techniques to Mitigate High Indoor Radon Levels" - Proceedings of Healthy Buildings 95, vol.2 pp. 727-732 (1995).



# PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES: DEL PASADO AL FUTURO



*El presente artículo examina la evolución de la disciplina de protección radiológica durante el presente siglo, analizando el proceso desde tres ángulos diferentes: el del esquema conceptual y la doctrina, el de las bases científicas y el operacional. Desde cada una de las perspectivas apuntadas, el artículo ofrece ciertas consideraciones referentes al pasado y al presente, completando el análisis con la identificación de los retos que se plantean en el futuro más inmediato. El esquema conceptual es descrito con cierto*

*detalle mostrando su evolución desde el previo Sistema de Limitación de Dosis hasta el actual Sistema de Protección Radiológica. No se olvidan en este repaso las novedades que, aún hoy, constituyen objeto de debate en sus aspectos de interpretación y aplicación, como son, entre otras, la ampliación del Sistema para cubrir adecuadamente las denominadas situaciones potenciales de exposición o la clasificación de situaciones de exposición en dos categorías, prácticas e intervenciones, a las cuales aplican los mismos principios fundamentales pero de diferente manera. Las bases científicas del sistema, las controversias suscitadas con la reducción de los límites de dosis individual, la tendencia actual hacia un planteamiento integrado en la gestión de todos los riesgos industriales y la revisión del estado de las infraestructuras en protección radiológica en el mundo son otros de los aspectos que el presente trabajo considera.*

**Oswaldo Ilari**  
Deputy Head, Radiation  
Protection and Waste  
Management Division,  
NEA/OCDE  
Traducción:  
Emilio Iranzo



***This paper analyses the evolution of the discipline of radiation protection during this century from three different angles: that of the conceptual framework and doctrine, that of the scientific bases and the operational one. For each of these perspectives, this article will try to give some indications concerning the past and present and will complete the analysis with an outlook to the challenges of the near future. The conceptual framework is described in some detail and the transition from the previous System of Dose Limitation to the present System of Radiation Protection is outlined. The review also considers the elements of novelty that are today the object of debate in their aspects of interpretation and application. Among other, the expansion of the System to cover also the so-called potential exposures and the classification of the exposure situations into two broad categories, to which the same fundamental principles of protection apply, but in different manners, are considered. The scientific foundation of the system, the controversy produced by the reduction in the individual dose limits, the emergence of a broad movement towards an integrated approach to risk management and the assessment of the current status of the radiation protection infrastructures throughout the world are other aspects that this paper focusses.***

## INTRODUCCIÓN

La protección contra las radiaciones concierne a la protección, contra los efectos perjudiciales de la radiación, de los trabajadores, miembros del público y pacientes sometidos a diagnóstico y terapia médicas. Sus orígenes se remontan a las primeras décadas del siglo veinte. Los primeros beneficios reconocidos de la radiación fueron en relación con la aplicación de los rayos-X para diagnósticos médicos, poco después del descubrimiento de la radiación y de la radiactividad. La demanda para explotar los beneficios condujo bastante pronto al reconocimiento de la otra cara de la moneda, la del daño inducido por las radiaciones. En aquellos primeros días

solamente fueron observadas las formas más obvias de daño, conocidas actualmente como efectos deterministas y los esfuerzos de la protección se enfocaron sobre su prevención. Aunque el paso era corto, éste fue el origen de la protección contra las radiaciones como disciplina. Hacia la mitad de este siglo se fue reconociendo gradualmente que había otros efectos perjudiciales de las radiaciones menos obvios, ahora llamados estocásticos, tales como el cáncer inducido por las radiaciones, que no podían ser prevenidos completamente, aunque su riesgo podría minimizarse. Esto ha conducido al balance manifiesto de los beneficios procedentes de las actividades nucleares y de las prácticas con radiaciones, frente al riesgo estocástico y los esfuerzos relacio-

nados con la reducción del riesgo residual, que ha llegado a ser una gran característica de la protección contra las radiaciones.

Con el fin de hacer frente al incremento en la utilización de las radiaciones, y en vista del singular carácter de sus riesgos, la protección radiológica ha elaborado durante las últimas décadas un sistema único y elaborado de conceptos, principios y técnicas para la prevención y el control de los riesgos radiológicos que se conoce actualmente con el nombre de Sistema de Protección Radiológica. La protección contra las radiaciones aparece hoy en día como una actividad compleja y multidisciplinaria, que se caracteriza por un alto grado de madurez y que, práctica-





Figura 1.

mente, abarca a todas las fuentes de exposición humana existentes y a una gran variedad de grupos de población (Figura 1).

La elaboración progresiva y la aplicación de este Sistema de Protección ha permitido alcanzar un incremento significativo en los niveles de protección proporcionados a trabajadores, pacientes y miembros del público en la mayor parte de las prácticas y situaciones. El grado de estos logros, sin embargo, es todavía desigual, tanto en términos de desarrollos científicos y técnicos, como en términos de niveles de protección y control de los riesgos entre las distintas prácticas. Por otra parte, la protección contra las radiaciones está experimentando actualmente un nuevo período de evaluación y debate, iniciado a partir de la publicación, en 1991, de las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección

Radiológica (ICRP 91), que introdujo varios nuevos elementos en la doctrina de la prevención de los riesgos de las radiaciones y amplió sus recomendaciones para incluir un número de situaciones de exposición que no se habían considerado suficientemente en el pasado. Además, las tendencias actuales en investigación y desarrollo, tanto en el campo científico como en el de la tecnología de las aplicaciones de las radiaciones, sugieren que podrían aparecer en el próximo futuro nuevos aspectos y propuestas de protección contra las radiaciones.

Si queremos examinar la evolución de la disciplina de protección contra las radiaciones durante este siglo, debemos analizarla desde tres ángulos diferentes: el de la estructura conceptual y la doctrina, el de las bases científicas y el operacional. Para cada una de estas diferentes perspectivas, este artículo tratará de dar

algunas indicaciones concernientes al pasado y al presente y completará el análisis con una perspectiva sobre los retos del próximo futuro.

### LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL

Desde su fundación en 1928, la Comisión Internacional de Protección Radiológica ha sido la fuente primaria de asesoramiento experto internacional sobre protección contra las radiaciones. Ella es ampliamente responsable de la evolución de la doctrina comúnmente aceptada en todo el mundo.

Con el fin de comprender mejor la evolución de la doctrina de la protección contra las radiaciones es conveniente subdividirla en fases. En una primera fase, que va aproximadamente desde los comienzos de este siglo hasta los años 40, el problema principal era la exposición ocupacional, especialmente en el campo de la radiología médica. La doctrina de la protección estaba todavía en su infancia y estaba enfocada esencialmente sobre la definición de límites de dosis individual para los operadores de los equipos de rayos-X y otras fuentes de radiación. En aquel tiempo los límites se fijaban por debajo del umbral para la aparición de efectos perjudiciales agudos y no podían excederse en ningún caso.

La doctrina de la protección contra las radiaciones entró en una nueva dimensión inmediatamente después del final de la 2ª Guerra Mundial, cuando se vislumbró que, además de los efectos agudos de la irradiación (llamados hoy efectos deterministas), habrían de tenerse en cuenta otros



efectos, más perniciosos y potencialmente graves. Además, estos efectos podrían concernir no solamente a los trabajadores profesionalmente expuestos a las radiaciones sino también a los miembros del público y a los pacientes sometidos a tratamientos médicos, así como a su proge- nie. Estos eran los efectos somáticos dife- ridos (o efectos estocásticos) y los efectos genéticos resultantes de, incluso, modes- tas exposiciones al siempre creciente número de fuentes de radiación y de con- taminación medioambiental.

La naturaleza probabilística de estos efectos y la incapacidad, o la imposibili- dad científica, de definir un umbral de dosis bajo para su ocurrencia indujo un cambio sustancial en la filosofía de la protección contra las radiaciones. Ade- más de la dosis de tolerancia para los individuos, todavía válida para los efectos deterministas, tenía que desarrollarse un criterio mucho más complejo para tratar con los efectos estocásticos. En vista de que no podía establecerse con exactitud ni la existencia de una relación precisa entre dosis y efectos biológicos ni la existencia de una dosis umbral para la aparición de efectos estocásticos, el nuevo objetivo fundamental de la protec- ción contra las radiaciones se basó en la hipótesis prudente de que la relación dosis-efecto sería lineal sin umbral de dosis. Como consecuencia de ello, el objetivo se desplazó desde la definición de un depuesta dosis "tolerable" para cualquier efecto perjudicial, al de una dosis "aceptable". El concepto de "acepta- bilidad" y la consecuente necesidad de establecer un nivel de equilibrio entre el

riesgo de una irradiación y el beneficio resultante de aquella irradiación abrió en aquel tiempo un debate ético y social que incluso hoy está lejos de haber conclui- do, como veremos a continuación.

La evolución del pensamiento radio- protecciónista creció más rápida y pro- gresivamente y de modo más complejo durante las décadas subsiguientes. La elevación continua del nivel de ambición en radioprotección condujo, entre 1950 y 1990, a una disminución progresiva de los límites de dosis individual. Por otra parte, mientras los límites de dosis pro- porcionaban una garantía universal basa- da en la elección de un criterio prudencial genérico, pronto apareció que las dosis actualmente recibidas por los trabajado- res y los miembros del público eran en la mayor parte de los casos ampliamente inferiores a las de los límites establecidos por las leyes y regulaciones. Se decidió entonces que este principio de "límite" podría ir muy bien acompañado por un principio de "tendencia" dirigido a elimi- nar cualquier exposición que pudiera ser considerada como "indebida", en el senti- do de no motivada y no necesaria. Estos conceptos, que comenzaron a circular entre 1955 y 1965, pueden ser considera- dos como la primera aproximación imperfecta a lo que más tarde llegaría a ser el, sin duda, sofisticado concepto de optimización de la protección que domi- na, hoy en día, la doctrina de la protec- ción contra las radiaciones.

Otro desarrollo que comenzó a caracte- rizar el debate conceptual en los años 60 fue la introducción de la idea de que el control de la protección de los individuos

debería ir acompañado por un interés res- pecto al impacto de una fuente o práctica determinada sobre el conjunto de la irra- diación del grupo de personas expuestas a aquella fuente y de la cantidad resultan- te de efectos perjudiciales para la salud que podría esperarse que se produjesen en aquel grupo. Se produce así la intro- ducción del concepto de dosis colectiva y el debate, todavía no resuelto hoy en día, sobre la posible utilización de este con- cepto y su real significado.

Este fomento de ideas y conceptos, todavía fragmentarios y descoordinados en los años 60, comenzó a consolidarse al comienzo de los 70 para llegar a ser, con la publicación ICRP nº 26 en 1977 (ICRP 77) la compleja y controvertida, pero extremadamente lógica, construc- ción conceptual que todavía hoy gobierna las normas internacionales e inspira casi todas las regulaciones nacionales. En efecto, la investigación sobre un método para establecer un nivel razonable de riesgo colectivo para cada actividad humana entrelaza con la investigación para la reducción de los riegos indebidos. Ambas líneas de pensamiento estaban condicionadas por la constatación de que un sistema de control de protección cen- trada sobre los individuos era inadecuada para resolver los problemas anteriormen- te mencionados, que son específicos para cada fuente o práctica individual.

La publicación 26 fue, de este modo, el punto de iniciación del desarrollo funda- mental que condujo, de una protección centrada en el individuo y caracterizada esencialmente por una limitación genéri- ca de las dosis individual, a otra más

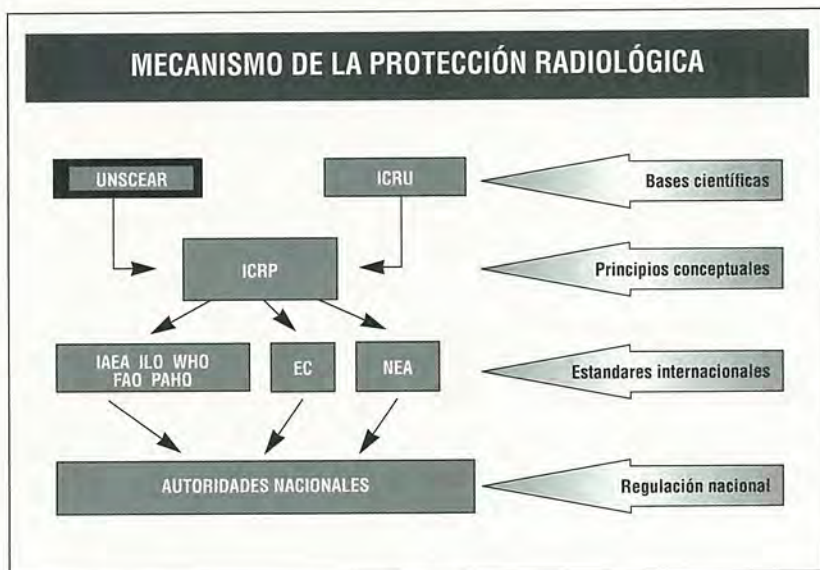


Figura 2.

moderna, enfocada en el control de cada fuente o práctica, donde la protección de las personas está articulada en los bien conocidos principios de justificación de prácticas, optimización de la protección y, también, limitación de las dosis individuales. Las nuevas recomendaciones ICRP, recogidas en la publicación 60 de 1991, confirmaron y consolidaron esencialmente este desarrollo, expresado en la transición del previo "Sistema de Limitación de Dosis" al actual "Sistema de Protección Radiológica".

Sin embargo, la evolución de la doctrina de protección contra las radiaciones no se detuvo en este punto. La publicación ICRP 60, seguida por las normas internacionales recientemente promulgadas por los diversos organismos internacionales (BSS 96, EC 96) introdujeron, de hecho, algunos novedosos elementos que son, actualmente, objeto de debate tanto

en sus aspectos de interpretación como de aplicación y están avanzando, lentamente aún, en la práctica de la protección contra las radiaciones y en la legislación (Figura 2).

Un aspecto original de estos novedosos desarrollos es la expansión del dominio de aplicación de las recomendaciones de la ICRP y de las consecuentes normas internacionales. Antes de 1990, el interés de la protección contra las radiaciones estaba limitado al control de las exposiciones ciertas, resultantes de las operaciones normales de fuentes e instalaciones o consecuencia de un acontecimiento accidental, una vez ocurrido el mismo. Hoy en día, la ICRP propugna ampliar la cobertura de la estructura conceptual del Sistema de Protección, para incluir también el control preventivo de aquellas exposiciones que no son muy probables, pero que podrían producirse a causa de

accidentes u otros acontecimientos susceptibles de implicar perturbación; estas exposiciones son las denominadas exposiciones potenciales (ICRP 93a). Si consideramos, de hecho, que todas las exposiciones, tanto ciertas como potenciales, dan como resultado un riesgo de inducción de cáncer, no parece que existan razones para que la lógica general del Sistema de Protección no se aplicasen, por analogía, a la estimación y prevención de las exposiciones potenciales.

Esta, más amplia, aproximación a la gestión del riesgo radiológico es atractiva conceptualmente pero existen difíciles problemas para su aplicación. Un objetivo ideal es el de llegar a ser capaces de cuantificar el riesgo de las exposiciones potenciales de modo paralelo al que se realiza la cuantificación del riesgo consecuente a exposiciones normales. Sin embargo, la mayor parte de las prácticas son evaluadas en base a aspectos científicos fidedignos, buenas prácticas de ingeniería y experiencia operacional, para asegurarse de que la probabilidad de accidentes con graves consecuencias es extremadamente pequeña, en vez de tratar de cuantificar el riesgo en términos probabilísticos. Por otra parte, la evaluación de una exposición potencial requeriría una cuantificación probabilística del riesgo. Desgraciadamente, las metodologías del análisis probabilístico de seguridad (APS) no son ni directa ni fácilmente aplicables a un número de situaciones en las que podrían concebirse exposiciones potenciales. Por ejemplo, hay problemas para la estimación de probabilidades y consecuencias de acontecimientos que



podrían ocurrir en un futuro muy lejano, como puede acontecer con el depósito de residuos radiactivos de vida muy larga. Sin embargo, ésta es un área donde se ha realizado mucho trabajo, especialmente de colaboración internacional, esperándose que este nuevo concepto del control de las exposiciones potenciales encontrará pronto la vía para su completa aplicación en la práctica de la protección contra las radiaciones (NEA 95).

Otro nuevo aspecto del actual Sistema de Protección Radiológica es la definición de un sistema ordenado de situaciones que dan origen a la exposición a las radiaciones y su clasificación en dos amplias categorías, donde se apliquen los mismos principios fundamentales de protección, aunque de forma diferente. Por un lado se tienen las Prácticas, para las que se planifica la protección de antemano y las acciones de prevención y control están dirigidas a limitar el incremento de la dosis provocada por estas prácticas en adición a la irradiación debida al fondo natural. Para estas prácticas, las actividades deben justificarse a priori, las medidas de protección deben ser optimizadas y el riesgo individual de las personas expuestas no debe exceder ciertos valores límites. Por otro lado, están las situaciones de Intervención, para las que la protección no fue o no pudo ser planificada de antemano, las exposiciones existen "de-facto" y la única acción posible es realizar intervenciones dirigidas a disminuir la exposición existente. En este caso, es la intervención, y no la situación de exposición, la que debe ser justificada y las medidas de intervención deben optimizarse haciendo

un balance de su riesgo y coste contra el beneficio que de ellas se espera conseguir en términos de dosis evitada o prevenida.

Una vez más, esta esquematización de situaciones de exposición es intelectualmente satisfactoria, pero su aplicación concreta está dando lugar a problemas en un determinado número de casos donde no puede establecerse fácilmente una clara diferenciación en la definición y distinción entre Prácticas e Intervenciones. Por ejemplo, mientras que los conceptos y la gestión de la práctica y la intervención pueden fácilmente aplicarse, respectivamente, al diseño y operación normal de una instalación y a las contramedidas aplicadas en el caso de un accidente en una instalación, esta distinción es mucho más difícil de realizar en el control de la exposición crónica debida a las fuentes de radiactividad natural, tales como el radón en edificios, etc.

Esto es la consecuencia indirecta de otro elemento novedoso en el nuevo Sistema de Protección Radiológica. De hecho, antes de la publicación ICRP 60, se consideraban las intervenciones, pero estaban dirigidas solamente hacia las consecuencias a corto plazo de un accidente nuclear. Con la publicación 60 el concepto de intervención se ha hecho mucho más amplio para cubrir no solamente las consecuencias a corto plazo de un accidente, sino también las medidas para disminuir las exposiciones crónicas resultantes de la existencia, durante largos períodos de tiempo, de residuos procedentes de anteriores accidentes o anteriores actividades contaminantes, así

como de aquellas asociadas con la presencia de fuentes de radiación y radiactividad natural, tales como los rayos cósmicos en vuelos a grandes altitudes y el radón emitido desde el suelo y desde los materiales de construcción (ICRP 93b). Esta extensión del alcance del concepto de intervención es realmente beneficioso, pero conlleva potenciales dificultades de aplicación, como se ha mencionado anteriormente, en aquellas situaciones que se encuentran en el límite entre una Práctica y una Intervención.

Estos nuevos desarrollos del sistema de protección contra las radiaciones son objeto de activo estudio y debate dentro de la comunidad de protección contra las radiaciones, que está tratando de interpretarlos y sistematizarlos en términos de su aplicación operacional y del establecimiento de regulaciones. Aunque éstos son los principales temas de discusión, por el momento, de ninguna manera son los únicos. Baste con mencionar la búsqueda actual de un consenso internacional sobre el significado y el papel del concepto de restricción de dosis y de riesgo en la optimización de la protección, como otro ejemplo surgido de este nuevo Sistema de Protección, sin que se haya ofrecido hasta ahora una clara solución al mismo (NEA 96).

Hay otros problemas diversos, difíciles de superar con el sistema conceptual constantemente en desarrollo de la protección contra las radiaciones. Nuevos desarrollos científicos y tecnológicos requieren, necesariamente, incorporar cambios al sistema. Sin embargo, hay otros cambios, tales como los de termi-

nología, unidades y definiciones, que a veces son de cuestionable necesidad y costosos de adaptar en las infraestructuras de protección contra las radiaciones. También, el mismo sistema de protección contra las radiaciones es complejo y difícil de comprender para los que no son profesionales de la protección. Esta complejidad puede inhibir la utilización apropiada de los principios de protección a nivel operacional y contribuir a un entendimiento pobre por el público, que llega a ser especialmente agudo en tiempos de crisis. Finalmente, la aplicación de algunos principios es por sí misma muy compleja. Por ejemplo, la aplicación del principio de optimización para determinados casos, tales como el depósito a largo plazo de los residuos radiactivos y el tratamiento de su riesgo de exposición potencial, aunque factible en teoría, se consigue pobremente en la práctica por un cierto número de razones que incluyen, por ejemplo, incertidumbres en la modelización de los acontecimientos accidentales de muy baja probabilidad y en los acontecimientos que pueden tener lugar en un futuro muy lejano. Sin embargo, se reconoce que la optimización es una herramienta extremadamente valiosa para la protección y no existe duda de que su aplicación deberá ser más ampliamente promovida y proseguida (NEA 94).

Por último, pero no menos importante, no puede dejar de mencionarse la profunda influencia que los desarrollos científicos actuales pueden tener en el futuro para modificar las bases científicas del Sistema de Protección y, en consecuen-

cia, su doctrina fundamental. Este asunto se considerará en la sección siguiente.

## FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS

Basándose en la información sobre la radiación ionizante y sus efectos biológicos que se ha desarrollado durante este siglo, la opinión que actualmente prevalece en la comunidad de protección contra las radiaciones es que el grado de conocimiento científico acumulado hasta ahora constituye una base aceptable para un sistema de protección satisfactorio (NEA 94).

Los efectos deterministas de la radiación aparecieron poco después del descubrimiento de la radiactividad y la radiación ionizante. Los valores de las dosis letales y subletales son conocidos hoy en día con un razonable grado de exactitud, así como los efectos biológicos relativos de los diversos tipos de radiación. Se dispone de suficientes datos correspondientes a dosis relativamente altas como para proporcionar un cuadro razonablemente exacto de los cambios en ciertos parámetros fisiológicos (hematología, aberraciones cromosómicas, etc.), que, combinados con técnicas físicas, hacen posible realizar fidedignas dosimetrías biológicas. En el caso de dosis bajas inferiores a las que originan efectos deterministas, se han observado efectos estocásticos carcinogénicos en varios grupos de población, incluyendo los supervivientes de las explosiones atómicas de Hiroshima y Nagasaki. La sensibilidad general de los diversos tipos de tejidos a la inducción de tumores puede

evaluarse, con una exactitud creciente, con la acumulación de datos epidemiológicos procedentes de Hiroshima y Nagasaki y de otras fuentes de información.

El conocimiento científico resultante de estos estudios ha permitido, a la comunidad de radioprotección, hacer un número de hipótesis respecto a la relación dosis-efecto a bajas dosis y bajas tasas de dosis (por ejemplo, linealidad de la curva dosis-efecto sin existencia de un umbral consecuente a una extrapolación de datos epidemiológicos desde altas dosis y tasas de dosis a bajas dosis y tasas de dosis), que han dado lugar a la elección de los factores de riesgo de las radiaciones para efectos estocásticos, base actual de nuestras normas de protección contra las radiaciones.

Sin embargo, es necesario reconocer que, en una gran extensión, la elección del modelo lineal sin umbral se dictó por su simplicidad matemática y su sensata o prudente representación de un límite superior de riesgo en la región de las dosis bajas. Su principal fundamento científico reside en los estudios de los cambios genéticos inducidos por la radiación observados por Muller y otros, durante las décadas de 1920 y 1930, en la mosca *Drosophila melanogaster*, que eran indicativos de una respuesta lineal sin umbral (MU 28). La presunción fue que lo que era probable para los efectos genéticos también era aplicable para los efectos somáticos y, aunque los efectos somáticos solamente se habían observado para altas dosis, la extrapolación lineal estricta de la curva dosis-respuesta



podría fácilmente realizarse hacia la zona de las dosis bajas.

En términos de confirmación experimental de esta hipótesis, también debe reconocerse que los datos epidemiológicos en que se basan los actuales factores de riesgo se refieren principalmente a grupos expuestos a relativamente altas dosis y tasas de dosis por radiación de baja transferencia lineal de energía (TLE). La extrapolación de estos datos a bajas dosis y tasas de dosis y a radiaciones de alta TLE no se ha demostrado. De hecho, varios estudios epidemiológicos recientes sobre grupos de trabajadores y grupos de población expuestos a bajos niveles de dosis, aunque, en su mayoría, consistentes con el modelo de respuesta lineal sin umbral, no han proporcionado, al menos hasta ahora, una validación inequívoca de este modelo.

Debemos admitir, sin embargo, que, durante al menos cuatro décadas, período mayor que el de vida profesional de virtualmente todos los practicantes actuales de protección radiológica, el cimiento fundamental de las normativas ha sido el modelo lineal sin umbral para la relación dosis-respuesta. En pocas palabras, el modelo establece que cualquier exposición a las radiaciones ionizantes, por pequeña que sea, lleva implicado un riesgo de detrimento (por ejemplo, un cáncer fatal) proporcional a la dosis acumulada. En el curso de nuestra profesión, aunque conscientes de otras caracterizaciones matemáticas de dosis-respuesta, la mayor parte de los que estamos comprometidos en la práctica de la protección

radiológica no hemos conocido otro modelo que el lineal, o posiblemente lineal-cuadrático, sin umbral, como base para los límites de dosis, evaluaciones de riesgo, optimización de la protección y otras medidas de protección, al menos en cuanto se refiere a los aspectos regulatorios y operacionales de nuestro trabajo. Este modelo ha asumido así el estatus de un paradigma. Con el paso del tiempo, este paradigma parece, sin embargo, estar siendo objetado por un creciente número de personas, aunque, en opinión personal del autor del artículo, todavía continuará siendo la base de la doctrina de la protección contra las radiaciones durante un cierto tiempo en el futuro. Los términos de la situación son, actualmente, los siguientes.

Un aspecto de la evolución de las normativas internacionales de protección contra las radiaciones que, con frecuencia, ha llamado la atención y las críticas es la progresiva disminución de los límites de dosis individual que hemos testimoniado durante los últimos 50 ó 60 años. Por ejemplo, para los trabajadores, se ha pasado progresivamente de la dosis de tolerancia de los años 20 y 30 (aproximadamente 450 mSv por año) a los 50 mSv por año en 1958 y los 20 mSv por año (promediados en 5 años) en 1991. Lejos de reflejar, como algunos creen, la tardía admisión de evaluaciones erróneas, esta evolución representa, por el contrario, la constatación progresiva de nuevos conocimientos científicos y el reconocimiento de una mejor conciencia social de los asuntos relacionados con la salud.

Sin embargo, el salto relativamente importante de los valores de los límites de dosis en 1991, después de un largo período de estabilidad sustancial, aunque consecuencia directa de la evolución de los conocimientos científicos, no pudo evitar originar un debate que, aunque aparece como sustancialmente científico, está ampliamente condicionado por otras consideraciones, en las que los aspectos operacionales, administrativos y económicos juegan un tácito pero importante papel.

De hecho, la aplicación del "principio de precaución", expresada en la elección de la actitud más conservadora entre las diversas incertidumbres científicas sustanciales, condujo a la ICRP a adoptar una posición que dio lugar a críticas en algunos círculos científicos y a reacciones negativas de un cierto número de operadores industriales y de profesionales de la medicina, así como de algunos expertos en protección operacional. Las objeciones de los operadores industriales, especialmente en la industria del uranio y de ciertos sectores del mundo médico, principalmente del campo de la radiología intervencionista, podría esperarse debido a las dificultades que se presentan para respetar los nuevos límites de dosis en algunos lugares de trabajo de estas actividades. La tabla 1 basada en una encuesta informal realizada entre un determinado número de organismos reguladores nacionales, puede darnos una idea de la dimensión de este problema en algunos países.

La reacción de los radioproteccionistas operacionales fue más bien poco previsi-

**TABLA 1**

<b>País</b>	<b>Número de trabajadores con dosis &gt; 20 mSv</b>	<b>% de trabajadores que superan 20 mSv</b>
Canadá	2	0,03
Finlandia	15	0,05
Francia	930	3,8
Alemania	198	0,06
Italia	0	0
Japón	80	0,12
Holanda	0	0
España	25	0,4
Suecia	220	3
Suiza	3	0,07
Reino Unido	0	0
Estados Unidos	237	0,1

ble en algunos países. Por ejemplo, en los últimos tiempos hemos sido testigos de una creciente proliferación de declaraciones y cartas en el contexto de la US Health Physics Society, donde la reducción de los límites de dosis se criticó fuertemente (HPS 95, HPS 96). Algunos de los argumentos utilizados por estos críticos estaban dirigidos a la necesidad de detener la persecución de dosis cada vez más pequeñas, con el fin de utilizar mejor los recursos de la sociedad y enfocarlos sobre la lucha contra agentes nocivos de preocupación prioritaria. Mientras que estos argumentos parecen razonables y no infundados, las posiciones expresadas por otros radioproteccionistas son relativamente sorprendentes al proceder de profesionales que no son, necesariamente, especialistas en radiobiología. Varias de estas críticas van dirigidas, de hecho, a las bases científicas, refutando la razonabilidad de utilizar el modelo lineal

sin umbral para la estimación del riesgo y adelantando la existencia de posibles efectos benéficos de las dosis bajas de radiación, la denominada hórmesis.

Más significativo, en el plano científico, es el debate que enfrenta a algunos organismos científicos prestigiosos. Por un lado, los argumentos epidemiológicos conducen a definir para las dosis bajas un nivel de riesgo aceptable en base a datos dosimétricos y patológicos, algunos de los cuales, sin embargo, están afectados de incertidumbres. Por otro lado, argumentos basados en la biología molecular y en estudios de genética celular subrayan las capacidades de respuesta celular adaptable y evalúan críticamente el método de extrapolación de altas dosis a bajas dosis, que es uno de los pilares de la estimación del riesgo efectuado por UNSCEAR e ICRP. La primera posición ha sido la adoptada por la ICRP como

base del sistema de protección. El más resonante exponente de la segunda posición es la Academia de Ciencias del Instituto de Francia, que publicó un informe sobre este tema en 1991 (AC 95). Los principales argumentos lanzados por la Academia Francesa de las Ciencias para rebatir el modelo de la ICRP como simplista y en ciertos aspectos incorrecto, se refieren a la utilización que la ICRP hace de los resultados que proceden tanto de la investigación fundamental como de los estudios epidemiológicos efectuados sobre grupos de personas irradiadas.

En el aspecto de los datos científicos fundamentales, el modelo de relación lineal sin umbral se apoya en la hipótesis de que la radio-oncogénesis es un fenómeno probabilístico en el que una sola célula es suficiente para provocar la inducción de un tumor. La Academia Francesa de Ciencias afirma que los más recientes progresos en biología parecen contradecir esta hipótesis. La Academia también subraya que la extrapolación directa de datos observados a niveles altos de dosis y tasas de dosis no están justificados para bajas dosis y tasas de dosis, porque el fenómeno molecular provocado en las células por aquellas dos situaciones son cualitativamente diferentes. De acuerdo con la Academia de Ciencias, los diversos grupos de enzimas responsables de los procesos de reparación del daño en el DNA actúan de forma diferente en función de la tasa de dosis. Otra consideración lanzada en el informe de la Academia es el hecho de que los mecanismos y fenómenos implicados en la carcinogénesis son diferentes y depen-



dientes de la naturaleza de los cánceres que se consideren, y abren a la crítica la aplicación exclusiva de una única relación lineal sin umbral para todos estos fenómenos. Observando los resultados de la experimentación con animales, los expertos de la Academia francesa apoyan la existencia de umbrales de dosis prácticos diferentes para los distintos tipos de tumores, por debajo de los cuales el riesgo de inducción de cáncer es nulo o casi nulo. Finalmente, el informe de la Academia francesa añade, sin excesivo énfasis, el argumento de que, de acuerdo con los estudios recientes, dosis moderadas de radiación, en vez de provocar un daño biológico, producirían un efecto benéfico, tanto a través de una estimulación del sistema inmunológico como a través de un mecanismo de respuesta celular adaptable, que reduciría el grado de daño provocado por una irradiación subsiguiente a un nivel de dosis más alto. En otras palabras, una exposición moderada preventiva tendría un efecto protector contra el daño de las radiaciones.

La crítica de la Academia de Ciencias se dirige también a la aproximación epidemiológica utilizada por la ICRP como base de la estimación de riesgos. Antes de todo, estas críticas rehusan la importancia preponderante atribuida por la ICRP a los datos resultantes del estudio de los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki. De hecho, se argumenta que la reevaluación de 1986 sobre los datos dosimétricos (DS 86) es, de nuevo, dudosa y discutible y no constituye una base fidedigna para la actual revisión de la estimación del riesgo. La crítica sobre la

utilización inapropiada del modelo lineal de extrapolación es reiterada por los expertos de la Academia, quienes especifican que los efectos observados en adultos en otros estudios epidemiológicos, a altos niveles de dosis pero con bajas tasas de dosis o a exposiciones fraccionadas, parecen ser más bajos que los estimados a partir de los datos de Hiroshima y Nagasaki, que se refieren a altas dosis y muy altas tasas de dosis. Por lo tanto, estos expertos hacen la hipótesis de una reducción del efecto carcinogénico ligado al fraccionamiento de dosis que no habría sido tenido en cuenta lo suficiente por la ICRP, demandando, en consecuencia, que los estudios epidemiológicos sean ampliados para incluir el amplio grupo de pacientes de radioterapia y medicina nuclear.

Como conclusión general de estos comentarios, los expertos de la Academia francesa afirman que, en la actualidad, no existen suficientes razones científicas para justificar una revisión a la baja de los límites de dosis. Sin embargo, es necesario indicar que, a pesar de las observaciones y recomendaciones de su Academia de Ciencias, las autoridades gubernamentales francesas han decidido alinearse con la actitud de prudencia recomendada por la ICRP y los otros organismos internacionales y adoptada casi universalmente por los otros países y aceptar con finalidades operacionales y reguladoras los nuevos límites de dosis propuestos por la ICRP.

Un punto de vista completamente distinto al de la Academia de Ciencias Fran-

cesa es el expresado por expertos del National Radiological Protection Board (NRPB) de Gran Bretaña. En efecto, esta prestigiosa institución publicó en 1995 un profundo análisis de los datos disponibles, que combina en un cuadro coherente los resultados de estudios epidemiológicos y los de investigación fundamental sobre mecanismos moleculares y celulares del daño por radiación (NRPB 95). El informe del NRPB llega a conclusiones que confirman totalmente los supuestos realizados por la ICRP, en la elección del modelo lineal sin umbral, como base para la estimación del riesgo.

Este informe reafirma la validez de la utilización e interpretación de los datos epidemiológicos procedentes de Hiroshima y Nagasaki y añade que los últimos datos procedentes de estudios epidemiológicos recientes sobre exposición crónica de grandes grupos de trabajadores a dosis bajas empiezan a sugerir un exceso de riesgo de inducción de cáncer, especialmente leucemias. En todo caso, de acuerdo con el NRPB, todos estos resultados son compatibles con las estimaciones de riesgo establecidas por la ICRP en su publicación 60 de 1991 y con la hipótesis de riesgo de cáncer, incluso a bajas dosis.

En cuanto se refiere a los mecanismos de inducción de tumores hay que indicar que, hoy en día, son considerados como un proceso multietapa, incluyendo una fase de iniciación neoplásica, seguida de fases de promoción, conversión y progresión hacia la manifestación del tumor, estando todos esos procesos provocados



y controlados por mutaciones específicas al nivel del genoma. Aunque las mutaciones radioinducidas pueden influir en todas las fases del proceso neoplásico, el informe del NRPB resalta el hecho de que las dosis bajas de radiación actúan en principio sobre la fase inicial y que, con algunas excepciones, un tumor se origina en una sola célula y, por lo tanto, se desarrolla a partir de una mutación genética específica en aquella célula. En consecuencia, un solo tracto de radiación que atraviese el núcleo de una sola célula tiene una pequeña pero finita probabilidad de generar el daño específico en el DNA que puede dar lugar a un tumor. La implicación de estas afirmaciones es que no hay una base científica clara para afirmar la existencia de una dosis umbral por debajo de la cual el riesgo de inducción de tumor sea nulo. Esto, para la NRPB, confirma por completo la validez del modelo lineal sin umbral como la base del Sistema de Protección.

Los expertos del NRPB no olvidan mencionar la existencia de indicaciones sobre la posibilidad de inducción o activación de la reparación del daño al DNA a dosis bajas. Sin embargo, indican que el nivel actual de conocimiento en este área no justifica un cambio de la opinión actual sobre la respuesta carcinogénica a bajas dosis.

Algunos datos científicos muy recientes, publicados en 1996 por la Radiation Effects Research Foundation (RERF), parecen ir en el sentido de corroborar los actuales puntos de vista de la posición del NRPB y de la ICRP. En efecto, los

datos procedentes del estudio de la RERF sobre los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki, disponibles antes de su última publicación y que resultaron de la observación de aquellas poblaciones hasta 1985, eran realmente compatibles con el modelo lineal sin umbral, pero proporcionaban evidencia estadística significativa de exceso de riesgo para la mortalidad por cáncer solamente para dosis de 200 mSv o mayores. Los nuevos resultados expuestos en la publicación RERF de 1996, que ponen al día la mortalidad de los supervivientes japoneses a la bomba atómica, para el período 1985-1990, no solamente continúan confirmando la validez de la hipótesis lineal sin umbral, sino que la refuerzan al ampliar hacia abajo el riesgo estadísticamente significativo de mortalidad por cánceres sólidos para dosis tan bajas como 50 mSv (RERF 96). Todo esto debilita la posición de aquellos que sostienen que fue prematuro reducir los límites de dosis para los trabajadores desde 50 mSv a 20 mSv por año, basándose en el argumento de que no existe evidencia epidemiológica de daño por radiaciones por debajo de los 200 mSv. De hecho, por ejemplo, la Academia de Ciencias Francesa está revisando actualmente, al menos parcialmente, su punto de vista a la luz de los nuevos datos.

En conclusión, sin entrar en detalles sobre este debate científico muy especializado, podemos solamente observar que la inducción de efectos a largo plazo tales como el cáncer para exposiciones a bajos niveles de radiación sigue siendo polémica y, a menudo, muy emocionalmente cargada de preguntas que no pueden ser

contestadas, en estos momentos, con un grado razonable de certeza o consenso científico. En estas circunstancias, lo único que se puede hacer es continuar utilizando el modelo lineal sin umbral como una base suficientemente sólida para estimar, de modo conservador, el riesgo de radiación y tomar decisiones sobre los requisitos de protección contra las radiaciones para nuestro trabajo práctico, mientras se observan minuciosamente los desarrollos científicos y sus implicaciones potenciales para la práctica y regulación de la protección contra las radiaciones. La existencia e intensidad de este debate es, sin embargo, el síntoma de una evolución de la situación que necesita ser considerada muy cuidadosamente. Por ejemplo, los grupos de investigación más avanzados en el área de los efectos de las radiaciones comienzan a producir señales que pueden sugerir, a medio plazo, la posibilidad de cambios significativos y, quizás, revolucionarios en el Sistema de Protección. En efecto, la evolución de la investigación fundamental podría dar lugar a la reconsideración de la relación dosis-efecto y de los modelos para la estimación del riesgo, incluyendo la posible identificación de un umbral de dosis para originar efectos somáticos y/o genéticos. Esto podría conducir a cambios radicales en la estructura conceptual del sistema de protección, cuyo principio básico de optimización de la protección está fundado en la existencia de una relación dosis-efecto de naturaleza lineal sin umbral.

Ahora bien, indicaciones más interesantes parecen derivarse de la biología



molecular. Aquí, investigaciones recientes sobre el mecanismo de la inducción de tumores a nivel de genes parecen indicar que puede ser posible identificar la existencia de una relación causal específica entre la exposición a las radiaciones y la manifestación de ciertos tumores, así como sobre la posibilidad de demostrar una susceptibilidad genética individual para ciertos cánceres inducidos por la radiaciones. Además, determinados datos experimentales sobre respuesta adaptable y estimulación de reparación celular a bajas dosis, si se confirman, podría afectar a conceptos y estimaciones del detrimento y, a su vez, conducir a una revisión de los planteamientos para la intervención en situaciones de accidente. Con estas bases, en efecto, no sería impensable que las previsiones para las planificaciones de emergencia pudieran incluir una política de someter al personal de emergencia a una irradiación con dosis bajas preventivas para reforzar sus mecanismos naturales de reparación celular, antes de destinarlos a operaciones de emergencia y rescate que impliquen la exposición a dosis altas. Finalmente, algunas indicaciones preliminares respecto a los posibles efectos interactivos de la radiación sobre "pobres condiciones de salud", por ejemplo, depresión de las defensas inmunitarias debida a infección de virus (por ejemplo, HIV) podrían afectar a materias tales como las estrategias de intervención y las políticas de empleo.

Desarrollos como los mencionados podrían no solamente afectar o cambiar las bases conceptuales de la protección contra las radiaciones, sino, también, dar

lugar a problemas significativos y requerir nuevas soluciones para la gestión y procedimientos prácticos de protección radiológica operacional. Por ejemplo, la investigación que conduce a una mejor comprensión de los mecanismos biológicos que afectan a la sensibilidad a la radiación en relación con las condiciones genéticas específicas, si bien de gran beneficio, podrían crear problemas éticos en el campo de la protección contra las radiaciones. Si la ciencia fuera a desarrollar la capacidad para determinar que ciertos individuos son más sensibles a la radiación de lo normal, o que estuvieran en mayor riesgo que la población en general, podrían surgir aspectos éticos sobre la necesidad de protección adicional y limitaciones de trabajo para tales personas.

Así, los trabajadores podrían ser seleccionados de acuerdo con criterios de predisposición genética, basados en pruebas genéticas clasificadoras y, sobre aquellas bases, asignados a puestos específicos. Restricciones específicas de dosis podrían establecerse para aquellos que tuviesen una significativa mayor radiosensibilidad de lo normal. Sin embargo, incluso si tal selección fuera aceptable socialmente, todavía habría causas para cuestionarse la verdadera ética y los beneficios económicos de la misma, sin mencionar la gestión y las complicaciones políticas laborales con que habríamos de enfrentarnos si la selección hubiera de realizarse en base a criterios de susceptibilidad genética. Análogamente, surgirían dificultades sociales y psicológicas si la causa de un cáncer pudiera ser inequívo-

camente achacada a una determinada exposición a las radiaciones, incluso, aunque por otra parte, esto pudiera facilitar la solución de controversias en medicina legal y en el dominio de la responsabilidad civil.

En conclusión, debemos reconocer que la solidez y estabilidad del Sistema de Protección, que actualmente nos ofrece seguridad en la conducta de nuestra profesión, corre el riesgo de ser en realidad sólo aparente, si se le considera en el horizonte de las próximas décadas.

Esta revisión de las bases científicas de la protección contra las radiaciones no sería completa sin una breve mención sobre otro campo de la ciencia, que soporta un componente importante de sus actividades, como es el de la investigación medioambiental. Los estudios sobre el comportamiento de los radionucleidos en el medioambiente y su transferencia a los seres humanos a través de las cadenas ecológicas y de los alimentos se han proseguido con un gran compromiso de recursos durante las últimas décadas. El poso radiactivo, de amplia distribución mundial, procedente de las explosiones nucleares en la atmósfera, fue el estímulo principal para los estudios del transporte en el medio ambiente que se iniciaron en los años cincuenta. Posteriormente, la investigación radiológica se concentró sobre aspectos más específicos de la contaminación de la cadena alimentaria debido a la descarga de efluentes radiactivos procedentes de instalaciones nucleares y sobre el desarrollo de cada vez más sofis-

ticados modelos matemáticos para describir el transporte medioambiental y estimar la exposición del público, tanto en situaciones normales como accidentales. La amplia y duradera contaminación medioambiental resultante del accidente de Chernobyl proporcionó una oportunidad para comprobar y validar estos modelos. También sacó a la luz, sin embargo, algunas limitaciones del conocimiento en determinadas áreas, tales como la influencia de las características medioambientales y de los procesos radiológicos sobre la contaminación a largo plazo del medio.

Para resumir la situación en este área, puede decirse que el estado de desarrollo actual de la investigación radiológica y de la modelización del medioambiente es, en general, satisfactorio para el proceder del día a día en la protección de los miembros del público, aunque los nuevos problemas puestos de relieve por las implicaciones medioambientales del accidente de Chernobyl y las consecuencias residuales de las actividades nucleares militares han motivado el interés y la demanda de investigación adicional, más dirigida, en este campo.

En conclusión, puede decirse que los desarrollos científicos actuales en todas las áreas de la ciencia, que son de interés para la protección contra las radiaciones, se están estimulando. Si esta tendencia continúa, supondrá una buena posibilidad de reducir las incertidumbres y construir bases más sólidas y realistas para el Sistema de Protec-

ción. La continuación de la investigación biológica fundamental es especialmente importante para realizar avances significativos y debe ser fuertemente apoyada. También es importante proseguir con estudios epidemiológicos, especialmente los correspondientes a las poblaciones de trabajadores expuestos a bajas dosis de radiación y mejorar el conocimiento de los fenómenos medioambientales que están relacionados con la protección contra las radiaciones.

Sin embargo, debe alertarse sobre el riesgo que, en el campo operativo, puede implicar el mal uso y la incorrecta interpretación de indicaciones preliminares de desarrollos científicos y la consiguiente deducción prematura de implicaciones potenciales. Se necesita mucha más investigación antes de que puedan estar justificados cambios significativos en la protección operacional contra las radiaciones basados en desarrollos científicos. La escala de tiempo para desarrollos científicos, tales como los que se han discutido, es difícil de predecir porque dependen de una gran variedad de factores entre los que se incluye el nivel de fondos de financiación dedicados a dicha investigación. Por lo tanto, aunque estos desarrollos deben ser seguidos de cerca, debe tenerse cuidado en evitar que los primeros avances científicos sean utilizados para modificar criterios operacionales y aproximaciones regulatorias antes de que los resultados de la investigación estén suficientemente confirmados y consolidados.

## **PROTECCION OPERACIONAL CONTRA LAS RADIACIONES**

Los logros alcanzados al aplicar la estructura conceptual de la protección contra las radiaciones a las diversas prácticas que utilizan dichas radiaciones son realmente considerables. Esto se refleja en la importante y continua reducción de dosis a los trabajadores y a los miembros del público, para todos los tipos de fuentes y prácticas, y el muy bajo nivel de exposición actualmente recibida cada año por la mayoría de los trabajadores y miembros del público.

Sin embargo, aunque la situación pueda parecer satisfactoria en términos de opinión y también en términos absolutos para algunas prácticas, hay todavía situaciones específicas que preocupan a los expertos en protección y a la sociedad, quedando todavía aspectos abiertos. La calidad de la protección contra las radiaciones varía considerablemente entre las prácticas. Esto puede deberse en parte a dificultades inherentes experimentadas en ciertos campos o a la aparición de aspectos nuevos e imprevistos. La razón singular más probable para las variaciones observadas, sin embargo, es el diferente nivel de atención, interés y recursos que se han dedicado a la protección en los distintos campos.

Aunque las aplicaciones médicas de la radiación eran el principal, si no el único, interés antes de la 2ª Guerra Mundial, el advenimiento de la energía nucleoelectrónica, con sus nuevos y sustanciales problemas de protección, absorbió la mayoría



de la atención y los recursos y atrajo al mayor número de expertos en protección, tanto en cuanto respecta a organismos reguladores como en el área operacional, dando lugar a un, en general, alto nivel de protección en este área. No sorprende que, por ejemplo, el campo de la energía nucleoelectrónica sea la práctica donde han encontrado la máxima aplicación los nuevos conceptos de optimización de la protección y donde se aplican normalmente técnicas de optimización relativamente sofisticadas en el diseño y operación de las centrales nucleares de muchos países.

Existe, sin embargo, actualmente una creciente opinión entre los expertos sobre el hecho de que debe prestarse mayor atención a conseguir una mejor distribución de esfuerzos y recursos con el fin de mejorar la protección en campos relativamente desatendidos, tales como la medicina y ciertos sectores de la industria e investigación, en vez de destinar recursos desproporcionados para conseguir mejoras marginales en áreas donde el nivel de protección es ya muy alto. Pero éste es solamente un aspecto de un tema mucho más amplio, que está empezando a dirigir la atención de los sectores más avanzados de la comunidad de expertos y decisores, en el área general de prevención y control de los riesgos tecnológicos.

En efecto, si se considera la protección contra las radiaciones como un componente del más amplio campo de la gestión del riesgo en términos generales, se pueden detectar los primeros signos de un desarrollo que podría afectar significativamente, en el futuro, a la doctrina y la

práctica de la protección contra las radiaciones. El tema por el que se apuesta es el actualmente denominado "gestión del riesgo integrado". La fuerza motriz que se encuentra detrás de este desarrollo es el reconocimiento de que la asignación de los recursos de la sociedad para el control y reducción de los riesgos procedentes de las actividades humanas está, en la actualidad, muy desequilibrado. Por ejemplo, se gasta gran cantidad de esfuerzo y recursos para reducir el riesgo de las radiaciones o para eliminar ciertos tipos de enfermedad a costa de otros riesgos o perjuicios que incluso pueden tener mayor impacto social. Además, dentro del estrecho campo de las aplicaciones de la radiación, hay un consenso creciente entre los especialistas de la protección, sobre la existencia de grandes e injustificadas discrepancias en los esfuerzos de reducción del riesgo entre diferentes prácticas y situaciones con radiaciones. Por ejemplo, la aplicación del sistema de protección en el campo médico es todavía insatisfactoria, especialmente si se compara con su sofisticado desarrollo en el campo de la energía nuclear, existiendo determinados sectores de la industria y la investigación donde la protección, especialmente de los trabajadores, necesita ser mejorada. Hay muchas y complejas razones para este fenómeno de desequilibrio, que se entroncan, principalmente, en la diversidad de percepciones públicas y preocupaciones frente a diferentes clases de riesgo. Con el paso del tiempo, sin embargo, el público está llegando a ser más sofisticado en su comprensión del riesgo, exigiendo más sobre la necesidad de su reducción.

La comunidad de protección contra las radiaciones está empezando a responder a esta evolución con el desarrollo del concepto de "optimización global" de las medidas de protección que tienen en cuenta los canjes entre diferentes situaciones y vías del riesgo de radiación. Pero esto no es todo, ni tan siquiera suficiente. En efecto, estamos siendo testigos de la aparición, entre los que toman las decisiones, de un amplio movimiento hacia la búsqueda de una base conceptual común y de una aproximación integrada a la gestión del riesgo, que actúe de impulso conductor para reorientar la regulación del riesgo relacionado con la salud, seguridad y el medioambiente (figura 3). Esto será, con seguridad, en el próximo futuro, objeto de gran interés para la comunidad de protección contra las radiaciones, que puede beneficiarse de haber encabezado la propuesta para el control del riesgo, proporcionando una valiosa contribución a la tendencia general dirigida hacia la mencionada gestión integrada del mismo, que la sociedad parece demandar hoy día.

Pasando a otro aspecto de esta revisión, un elemento importante de juicio para estimar el grado de desarrollo de la protección contra las radiaciones concierne al estado de sus infraestructuras. De hecho, los conceptos de protección contra las radiaciones pueden aplicarse, solamente, a través de una infraestructura que incluya leyes y regulaciones adecuadas, un sistema regulador eficiente, un bien estructurado conjunto de expertos y de disposiciones operacionales y, por último, aunque no menos



Figura 3.

importante, una "cultura de seguridad" compartida por todos aquellos implicados en responsabilidades de protección, desde los trabajadores hasta cualquier nivel de gestión. A este respecto, existe una diversidad significativa de situaciones a través del mundo. Los países de la OCDE, en general, tienen infraestructuras bien establecidas para la protección contra las radiaciones, con regulaciones exhaustivas, mantenidas bajo revisión continua, fuertes y competentes organismos reguladores, protección operacional, estructuras de respuesta en emergencia e instituciones de investigación adecuadas. Existen, obviamente, variaciones en el nivel y tamaño de estas infraestructuras, ligadas a los diferentes niveles de aplicación de las radiaciones y de la energía nuclear en los diversos países, pero, en conjunto, el nivel de protección contra las radiaciones en el área de la OCDE es bueno y, a veces, excelente.

La situación es mucho más desigual en el resto del mundo. Además de países donde la infraestructura y los niveles de protección son perfectamente comparables con los de los países de la OCDE, existe un gran número de países que, debido a su pequeño grado de desarrollo económico o a la presencia de significativa inestabilidad política y, en varios casos, a una importante reducción de recursos debida a la asignación de prioridades a necesidades sociales más apremiantes, no tienen infraestructura suficiente ni significativa para la protección contra las radiaciones. Miles de fuentes, especialmente las utilizadas en medicina e industria, se emplean en situaciones casi carentes de control, a falta de una infraestructura de protección contra las radiaciones bien organizada para asegurar la seguridad durante su utilización y disposición. Esto ha conducido a graves consecuen-

cias en algunos casos. De especial preocupación es el transporte ilegal de fuentes incontroladas que traspasan fronteras nacionales. Estos son solamente algunos ejemplos de una situación, en general, degradada, que apunta hacia una fuerte necesidad de ayudar, con suficientes recursos y asesoramiento técnico, para permitir a estos países establecer un sistema aceptable de protección estable y duradero.

**CONCLUSIONES**

Un sentimiento general respecto al estado actual de la protección contra las radiaciones es que ofrece un cuadro rico aunque con contrastes, con áreas brillantes pero también con aspectos que inspiran preocupación. Uno de éstos es la tendencia al retroceso en el reclutamiento, entrenamiento y educación de los profesionales de la protección contra las radiaciones. Las infraestructuras de protección contra las radiaciones no son estáticas. Pueden mejorar o deteriorarse. No puede sobrevalorarse la necesidad de un apoyo fuerte en campos relacionados con ella, tales como la investigación sobre los efectos de las radiaciones (por ejemplo, biología molecular) y los desarrollos tecnológicos (por ejemplo, mejora de la instrumentación). Existe también preocupación en el hecho de que los fondos monetarios que soportan estas actividades no son tan grandes ahora como lo fueron antes. Sin este tipo de apoyo las consecuencias pueden culminar en una protección inferior a la óptima y, por consiguiente, menos beneficios potenciales de las prácticas nucleares y con radiaciones.



En el lado positivo, la comunidad internacional de protección contra las radiaciones está mostrando una notable capacidad para mantener una mente abierta, evitando permanecer encerrada en el estrecho campo de sus tecnicismos y estando preparada para enfrentarse a nuevos retos, incluidos los que se generan fuera del campo específico del riesgo de las radiaciones.

En este artículo ya se ha discutido un ejemplo de esto, expresamente la participación activa de la protección contra las radiaciones en el movimiento internacional, para desarrollar un planteamiento integrado a la gestión de todos los riesgos industriales y la búsqueda de la contribución que nuestra profesión puede ofrecer a este amplio movimiento. Pero puede mencionarse otro ejemplo significativo de esta positiva actitud de la protección radiológica, cual es el reconocimiento a tiempo de la dimensión social creciente de las decisiones en esta materia, un tema que no tuvo especial relevancia para los proteccionistas del pasado y que solamente después del accidente de Chernobyl comenzaron a percibir en toda su dramática actualidad. La sociedad está mostrando un cada vez mayor interés y deseo de estar implicada en las decisiones que afectan a la vida y al bienestar de sus miembros. Esta tendencia es especialmente evidente en las materias que están relacionadas con la salud humana y la protección del medio ambiente. Por tanto, cada vez menos, la toma de decisiones en varias áreas de la protección contra las radiaciones, podrá

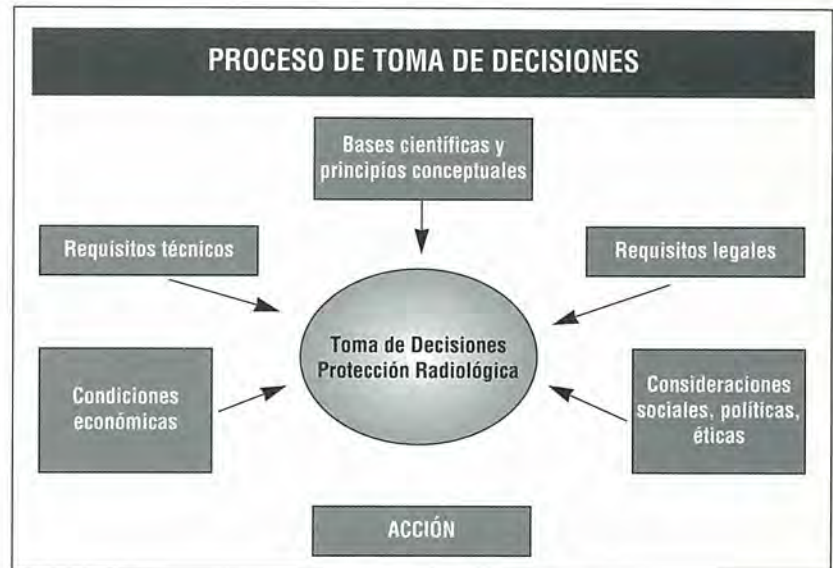


Figura 4.

hacerse con aislamiento de sus dimensiones sociales (figura 4). Por ejemplo, las decisiones que conciernen a los requisitos para la protección de los trabajadores no pueden ignorar un potencial impacto social en términos de empleo, sexo, discriminación, etc. Existe una preocupación de este tipo para grupos específicos de trabajadores (mineros, mujeres trabajando durante el embarazo, algunas categorías de trabajadores en medicina, etc.) con respecto al requisito de limitaciones de dosis más restrictivas, tal y como ha propuesto la ICRP. Otra área importante de preocupación pública es el profundo impacto social que puede estar asociado con las consecuencias de un gran accidente nuclear. En este caso, la perturbación social debida a la contaminación a largo plazo de la tierra y la posible necesidad de realojar a grandes cantidades de público pueden incluso ensombrecer el

impacto radiológico directo sobre los seres humanos. No es necesario acen-tuar que el accidente de Chernobyl es un ejemplo típico de tal situación.

La necesidad de implicar a los componentes sociales (sindicatos y organizaciones empresariales) y al público en general, en las deliberaciones y decisiones que conciernen a la protección contra las radiaciones, cuando existe una potencialidad de impacto social de estas decisiones, debe ser consensuado. Un impedimento para realizarlo, tal y como se ha indicado anteriormente, es la complejidad conceptual de la radioprotección. El conseguir hacer más transparente tal complejidad constituye una meta. También es necesario reconocer que los mecanismos para conseguir la implicación del público son todavía muy imperfectos y que, por un lado, los conceptos científicos y técnicos y los

objetivos asociados a la salud y, por otro, los requisitos sociales, entran, a veces, en conflicto. El tema general de la implicación del público en las decisiones de la protección radiológica necesita recibir mayor atención en el futuro con el objetivo de alcanzar una mejor integración de la dimensión social y un diálogo más efectivo entre las partes sociales y científicas. Obviamente, una condición esencial para alcanzar una mejor implicación de las partes sociales en las decisiones de la protección radiológica es la mejora en la información y la educación de las partes interesadas en sus beneficios, impactos y la protección contra estos impactos. En este área, la comunidad nuclear en general y la comunidad de protección radiológica en particular han fallado, hasta ahora, en la creación de un lazo de comprensión satisfactorio con la opinión pública. Se requiere un análisis crítico de las razones por las que se ha conseguido tan bajo grado de éxito antes de embarcarse en intentos adicionales en esta dirección.

Como consideración final, se señala que los diversos desarrollos mencionados en este artículo y la actitud abierta para enfrentarse a nuevos retos y ampliar los horizontes de la protección contra las radiaciones son una demostración de la vitalidad de nuestra profesión. Veremos donde nos conduce todo ello en los años inmediatos.

**REFERENCIAS**

- ICRP 91. ICRP Publication 60, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Annals of the ICRP, 21, No. 1 - 3, 1991.
- ICRP 77. ICRP Publication 26, "1977 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Annals of the ICRP, 1, No. 3, 1977.
- BSS 96. FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO and VMO, "International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources", Safety Sources No. 115, IAEA, Vienna, 1996.
- EC 96. European Commission, "Council Directive 96/25/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation", Official Journal of the European Communities, L 159, Volume 39, 21 June 1996.
- ICRP 93a. ICRP Publication 64, "Protection from Potential Exposure: a Conceptual Framework", Annals of the ICRP, 23, No. 1, 1993.
- NEA 95. NEA Report "The Meaning and Application of the Concept of Potential Exposure", OCDE/GD(95)145, OECD/NEA, Paris, December 1995
- ICRP 93b. ICRP Publication 65, "Protection against Radon-222 at Home and at Work", Annals of the ICRP, 23, No. 2, 1993.
- NEA 96. NEA/EC Report, "Considerations on the Concept of Dose Constraint", OECD/NEA, Paris, 1996.
- NEA 94. NEA Report "Radiation Protection Today and Tomorrow: a Collective Opinion of the Committee on Radiation Protection and Public Health", OECD/NEA, Paris, 1994.
- MU 28. Muller, H. J., "Artificial Transmutation of the Gene", Science, 66: 84 - 87, 1928.
- HPS 95. Health Physics Society Newsletter, Special Issue on "Radiation Dose-Response Model", vol. XXIII, No. 6, June 1995.
- HPS 96. Health Physics Society Statement on "Radiation Risk in Perspective", HPS Newsletter, vol. XXIV, No. 3, March 1996.
- AC 95. Academie des Sciences, "Problèmes liés aux effets des faibles doses de radiations ionisantes", Rapport No. 34 de l'Academie de Sciences de l'Institut de France, Paris, 1995.
- NRPB 95. National Radiological Protection Board, "Risk of Radiation-Induced Cancer at Low Doses and Low Dose Rates for Radiation Protection Purposes", Documents of the NRPB, vol. 6, No. 1, 1995.
- RERF 96. Pierce D. A., Shlmlzu Y., Preston D. L., Vaeth M. and Mabuchi K., "Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950 - 1990", Radiation Research, 146: 1 - 27, 1996.



## Coloquio mantenido entre representantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC), de la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones (SPPCR) y de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)

Durante el 6º Congreso Nacional de la SEPR hemos contado, como se ha indicado previamente, con la asistencia de representantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC). No hemos querido dejar pasar esta oportunidad para conversar con ellos, con objeto de conocer el desarrollo de la protección radiológica que existe en estos países así como su valoración de las reuniones de trabajo mantenidas durante su visita a nuestro país, y saber su opinión sobre el Congreso.

En este coloquio han participado, en representación de la Federación, César Arias, Presidente de la Sociedad Argentina de Radioprotección y Presidente del Consejo Asesor en Aplicaciones de Radiosótopos de Argentina; Eduardo Medina, Presidente de la Sociedad Peruana de Radioprotección y Jefe del Departamento de Normas y Autorizaciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear; Hermenegildo Maldonado, Presidente de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, Jefe del Departamento de Evaluación y Licenciamiento de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias de México; J. Quintela de Brito, Presidente de la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones e Investigador del DPSR de la DGA; Gian María Sordi, Presidente de la Sociedad Brasileña de Protección Radiológica y Asesor Técnico Científico de Protección Radiológica del Instituto de Pesquisas Energéticas y Nucleares de Brasil; y Juan



De izda. a dcha., César Arias, Eduardo Medina, Juan Tomás Zerquera, Hermenegildo Maldonado, Emilio Iranzo, M.ª Teresa Macías, Eduardo Sollet, Joao Quintela de Brito y Gian María Sordi.

Tomás Zerquera, Vicedirector del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones de Cuba. En nombre de la SEPR han participado: Emilio Iranzo, Director de la revista *RADIOPROTECCION* (SEPR); David Cancio, miembro del Comité de Redacción de la revista *RADIOPROTECCION* (SEPR); Eduardo Sollet, Presidente de la SEPR; y M.ª Teresa Macías, Coordinadora del Comité de Redacción de la revista *RADIOPROTECCION* (SEPR).

### FEDERACIÓN DE RADIOPROTECCIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (FRALC)

**P**ueden hacer una breve reseña histórica sobre la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC)?

**Respuesta: César Arias.** La región que llamamos de América Latina y El Caribe está constituida por 26 países, cuatro de ellos, Argentina, Brasil, México y Perú, tienen, en la actualidad, sociedades de Protección Radiológica organizadas, con diferentes tiempos de vida, entre 15 y 20 años, contando con un total de 440 miembros afiliados.

Desde el año 1991, con el auspicio de un programa del OIEA llamado ARCAL (Arreglos Regionales Cooperativos para la promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en América Latina), se han venido realizando, además de los congresos nacionales que teníamos cada una de nuestras sociedades, Congresos Regionales, que se hacen coincidir con alguno



de los nacionales. Es decir, se ha dado carácter regional a los congresos nacionales.

En el año 1991, en el Congreso de Buenos Aires, la delegación de Perú propuso la creación de una Federación de Sociedades de Radioprotección, como medio adicional de vincular a las sociedades con el IRPA. Sabemos que todas las sociedades tienen una relación natural con el IRPA, como ocurre con la SEPR, pero existía la posibilidad de tener una vinculación adicional al IRPA a través de una Confederación Regional. Esta propuesta no fue consolidada en ese Congreso, aunque tuvo buena acogida. Pero en el siguiente, en Zacateca (México) en 1993, se constituyó la Federación, se aprobaron los estatutos y tuvo lugar formalmente la primera reunión de la Comisión Directiva que presidió D. Eduardo Medina, de Perú. En el siguiente Congreso, en Cusco (Perú) el pasado año, se reunieron las autoridades de la Federación, hubo un cambio rotacional en las mismas y circunstancialmente estoy yo ahora al frente de la Comisión Directiva. Ahora, nuestra meta está en el próximo Congreso a celebrar en La Habana (Cuba) en 1998.

**P. ¿Qué objetivos tiene la Federación?**

**R. César Arias.**- Los objetivos de la Federación consisten en promover asociaciones en los países que aún no las han organizado, y su afiliación a la IRPA, el intercambio profesional entre las distintas asociaciones, la promoción del conocimiento mediante cursos y talleres y la distribución de información a través de un boletín.

De este modo, la Federación constituye un vínculo entre las Asociaciones locales y la IRPA. Su posición intermedia le ha permitido facilitar la obtención de recursos para promover actividades de las Sociedades y a la vez facilitar a la IRPA la interpretación de las características de los países que componen la región.

**P. ¿Cada cuánto tiempo se produce el cambio de los miembros de la Comisión Directiva de la Federación?**

**R. César Arias.** Cada dos años, mas o menos, haciéndose coincidir con los congresos regionales. Tratamos de tener reuniones intermedias entre los congresos y hasta ahora lo estamos logrando gracias a los diferentes eventos internacionales. Tuvimos oportunidad de vernos el pasado mes de abril, en Viena, durante el desarrollo del congreso IRPA-9, y de nuevo nos vemos ahora en Cordoba gracias a la invitación de la SEPR. En estos encuentros intermedios tratamos de llegar a acuerdos para realizar algunas actividades, por ejemplo, la edición de un boletín o al menos la inserción de una sección dedicada a la Federación dentro de un boletín que ya está en marcha.

**P. ¿En qué países están en proceso de creación las Sociedades de Protección Radiológica?**

**R. César Arias.** La creación de Sociedades en otros países podría hacerse de inmediato. Chile y Guatemala creemos que son las que tienen mejores condiciones. Cuba es un hecho, ya la tiene, estará constituida en noviembre.

**P. ¿Venezuela está trabajando también en ello?**

**R. César Arias.** Posiblemente sí. En protección radiológica trabajan todos los países, Venezuela, Colombia, Ecuador, pero no tengo información reciente.

En algunos países las personas que trabajan en el ámbito de la protección radiológica están más vinculadas entre sí que en otros; depende de como esté organizada la protección radiológica institucionalmente.

**P.- Hablando de los objetivos que se ha marcado la Federación, nos indicaba que uno de los primeros es promover el desarrollo de sociedades en otros países, pero ¿estarían incluidos además la unificación de criterios y la homologación de protocolos de trabajo?**

**R. César Arias.** Por supuesto, eso ya lo estábamos haciendo, en parte gracias a otros programas internacionales. Todos los países de América Latina, como ocurrirá en Europa, tenemos algunas características comunes en cuanto al tipo de problemas y las dificultades que tenemos para encararlos.

Diría que hay un cierto tipo de problemas que son comunes a toda América Latina, como son los derivados de fuentes médicas e industriales y, en algunos casos, los relacionados con plantas de irradiación. Los temas vinculados con la energía nuclear incumben a algunos países pero no a todos. Por otra parte, la mayoría de nuestros países, no se si todos, deben dedicar más recursos y esfuerzos sobre todo a la organización institucional de registros de fuentes. Por ejemplo, están muy dispersos los equi-



pos de rayos X. En esto podemos hablar un lenguaje común, porque todos tenemos esa dificultad.

**P. ¿Cuál ha sido el desarrollo de la protección radiológica en Portugal?**

**R. J. Quintela de Brito.** Se puede decir que en Portugal la protección contra radiaciones empezó muy temprano, casi después del descubrimiento de los rayos X. Entre otros, Antonio Baptista y Julio Galvao están entre los pioneros de la organización de una protección radiológica estructurada formalmente, del mismo modo que entre vosotros se destaca a Emilio Iranzo. España y Portugal estuvieron integrados en el Euratom, aún antes de constituirse la Comunidad Europea.

La SPPCR se fundó el 11 de marzo de 1993. Soy el Presidente de la Sociedad, vicepresidente es el Prof. Catedrático de Coimbra Massano Cardoso, secretaria la Dra. Amalia Nogueira que trabaja en el Instituto de Oncología, también son miembros de la directiva mi colega Ferro de Carvalho, que trabaja en el Departamento de Protecção e Segurança Radiológica y el Presidente de la Asamblea General es el actual Director General de Ambiente, Eng. Marques de Carvalho. También forma parte de los cuerpos sociales el Dr. Armando Severo.

**P. ¿Qué objetivos se ha marcado la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones?**

**R. J. Quintela de Brito.** Les diré algo sobre los objetivos de nuestra sociedad. En primer lugar, la SPPCR es una sociedad científica sin otras finalidades, y su primer objetivo es el desarrollo

de los conocimientos científicos y aplicados para la protección del hombre y del medioambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones, para que puedan ser utilizados en beneficio de la humanidad. La Sociedad se ocupa con sus actividades de establecer los medios necesarios para el incremento de la cooperación entre las personas que se dedican al estudio de los efectos de las radiaciones, propiciando la organización de reuniones, publicaciones científicas y el intercambio entre Sociedades afines en los dominios de la física, la biología, la medicina, la ingeniería, el derecho, la veterinaria y la informática.

**PROGRAMA ARCAL DE AMÉRICA LATINA**

**P. ¿En qué consiste el Programa ARCAL de América Latina?**

**R. Eduardo Medina.** En 1984 se iniciaron oficialmente las actividades de cooperación técnica en materia nuclear, con la participación de 10 países de América Latina. Esta inquietud surgió en 1981 a iniciativa de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y dio lugar a un proyecto del OIEA llamado Programa de Arreglos Regionales Cooperativos para la promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en América Latina y El Caribe (ARCAL).

**P. ¿Qué objetivos tiene establecidos el Programa ARCAL?**

**R. Eduardo Medina.** El objetivo fundamental de este Programa es facilitar la cooperación técnica entre los países de la región para lograr una mayor distribución de los recursos humanos, instala-

ciones y equipos y alcanzar la autosuficiencia en varias aplicaciones de la ciencia y la tecnología nuclear, con la finalidad de contribuir al desarrollo social y económico de los países participantes.

El Programa ARCAL incluye diferentes proyectos tales como, instrumentación nuclear, mejoramiento de prácticas en medicina nuclear, evaluación de mutantes en cultivo de cereales, mejora de la calidad de las prácticas de radioterapia, producción y control de radiofármacos, protección radiológica, etc.

**P. ¿Qué proyectos se desarrollan dentro del Programa ARCAL?**

**R. Eduardo Medina.** Este Programa ARCAL ha tenido diferentes etapas desde su inicio en 1984. La primera fue de diagnóstico y de resolver problemas comunes de instrumentación y realizar otras actividades específicas.

Quiero hacer una mención especial al Proyecto de Protección Radiológica (ARCAL) que inicia sus actividades en 1985 con la finalidad de determinar las necesidades inmediatas de protección radiológica en la región, perfeccionar las prácticas de protección radiológica y armonizar las medidas en esta materia en las instalaciones médicas de toda la región. Este aspecto fue tratado durante la primera fase de este proyecto (1985-1990) ya que en la segunda fase (1991-1993) se dio prioridad a los aspectos regulatorios.

En 1994 surge el Proyecto ARCAL XVII "Estructura Normativa y Organización Regulatoria" como continuación de ARCAL I. Esta etapa culmina en 1996 y su objetivo es promover la adopción de una norma básica de protección radiológica desarrollada sobre la base de las

últimas Recomendaciones de la ICRP y promueve el desarrollo de estructuras regulatorias que permitan cumplir las funciones esenciales de su misión mediante procedimientos armonizados dentro de la región.

La última reunión de este proyecto tendrá lugar el mes de diciembre en la ciudad de La Paz, y veremos desarrollado un Reglamento de protección radiológica que está coordinando México y servirá de modelo a aquellos países que no tienen reglamentación o a aquellos otros que quieran mejorarla.

El próximo año se iniciará un proyecto nuevo sobre "Control de fuentes de radiación". Tendrá una duración de cuatro años, en los cuales trabajaremos en actividades de licenciamiento, inspecciones y registro de fuentes, actividades todas ellas que competen a la mayoría de los países de la región.

**P. ¿Cómo se coordina el desarrollo de los proyectos del Programa ARCAL?**

**R. Eduardo Medina.** En cada país hay un coordinador Nacional de todo el Programa ARCAL y a su vez hay un Coordinador de cada uno de los proyectos. Cada año se reúnen los coordinadores nacionales para evaluar y hacer el seguimiento de los proyectos. De igual manera los Coordinadores de proyecto se reúnen periódicamente para evaluar sus actividades. Actualmente está en proceso de creación la figura de Presidente de ARCAL.

**P. ¿Qué Organismos colaboran en el desarrollo del Programa ARCAL?**

**R. Eduardo Medina.** El Organismo Internacional de Energía Atómica propor-

ciona coordinación, asesoramiento técnico y apoyo financiero al programa y los estados miembros de ARCAL, definen los objetivos, el alcance de las actividades, las etapas de aplicación y las prioridades de los distintos proyectos.

Se cuenta, además, con la ayuda de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), para el desarrollo de algunas actividades tales como la edición del Boletín ARCAL de Protección Radiológica, el cual se edita desde 1991 bajo la dirección de Perú. Hasta el momento se han editado 15 publicaciones con un total de 47.000 ejemplares distribuidos en más de 40 países.

**P. ¿Qué criterios se siguen para la integración de un país en el Programa ARCAL?**

**R. Eduardo Medina.** No todos los países de América Latina están en el programa ARCAL, en la actualidad hay 19 países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, Venezuela, el último en incorporarse ha sido El Salvador este año. Cualquier país de América Latina que esté dentro del OIEA puede incorporarse al Programa ARCAL.

**ACCIDENTES RADIOLÓGICOS Y CONTROL DE FUENTES RADIATIVAS**

**P. Quería preguntar algo relacionado con Brasil. Después del accidente de Goiana, ¿cómo ha influido ese accidente en la necesidad de desarrollar una Normativa de Protección en todos los países de**

**América Latina y establecer organismos no sólo intergubernamentales sino de otro tipo que permitan lo más rápido posible tener un control de esas fuentes de radiación que impidan que puedan ocurrir, de nuevo, accidentes como ese de Goiana o el anterior de México de Ciudad Juárez?**

**R. César Arias.** Creo que los accidentes tienen, por supuesto, consecuencias inmediatas indeseables pero siempre tienen, además, alguna consecuencia positiva. Despiertan la atención y a veces canalizan recursos hacia el objetivo de la prevención.

La idea de la prevención de accidentes está en ICRP -60 y en documentos del OIEA. El concepto de exposición potencial nos ha invadido. Esto no es una casualidad, han sido Goiana, Chernobil, Ciudad Juárez y otros tantos que han contribuido a desarrollar esa preocupación.

La Federación es de reciente creación, de manera que no puedo hablar realmente de lo que hemos hecho como tal en estos temas, apenas tenemos dos años. Creo que todos hemos actuado como países, como sociedades, con nuestros organismos reguladores que han puesto mayor empeño después de los accidentes de Goiana y Ciudad Juárez. En Argentina se ha puesto especial dedicación en asegurar que todas las fuentes que no están siendo utilizadas, estén bien gestionadas.

**P.- Me gustaría conocer la respuesta de otros países, de forma individual. ¿Cómo han influido estos accidentes, qué medidas se están tomando y cómo pueden**



### **éstas incidir en el desarrollo de la protección radiológica?**

**R. Hermenegildo Maldonado.** El accidente que tuvimos en 1985 se derivó de la falta de un Organismo Regulador que estuviera dedicado a funcionar como tal. La fuente de la que estamos hablando entró en 1977, cuando no había Organismo Regulador. Después del accidente, en la actualidad, disponemos de Leyes y Reglamentos que nos permiten el control de todas las fuentes.

Ahora hablo como Organismo Regulador y podemos decir que todas las fuentes radiactivas están actualmente bajo control. Las tenemos bien estudiadas y disponemos de un buen sistema de seguimiento desde que llegan a nuestro país hasta que se gestionan. Coincidió con el Presidente de Argentina en que los accidentes son acontecimientos muy dolorosos pero que nos han permitido llegar al grado de desarrollo que tenemos ahora.

Había un solo Organismo que hacía de todo. Desde 1979 se crearon 4 Organismos: uno para enseñanza y divulgación, otro para Minería de uranio, una Autoridad Reguladora y un Organismo que coordina a los tres. Ahora las decisiones de la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardia son claras. Hay que llevar el control de todo el material radiactivo, por ejemplo de las fuentes de radiación ionizante; en particular, el de los equipos de radiodiagnóstico lo lleva el Ministerio de Salud. La Comisión está colaborando para la elaboración de Normas y Reglamentos.

**R. Juan Tomás Zerquera.** En Cuba no han ocurrido hasta la fecha accidentes radiológicos. Se han registrado como

incidentes varios casos de manipulaciones deficientes, pero en ninguna ocasión se han superado los límites ocupacionales. ¿Qué acciones se han tomado en Cuba como consecuencia directa de estos incidentes? En 1985 se creó el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones al que yo pertenezco y en 1986 se decretó que este Centro fuera el encargado del control y recogida de todos los desechos y fuentes radiactivas en desuso. Se hizo una recogida centralizada en aquel año, que permitió poner bajo control, en un depósito al efecto, todas las fuentes en desuso, a la vez que se estableció el control institucional de todas las fuentes que estaban en uso en el país y se hizo el registro de usuarios de fuentes abiertas, los cuales son tributarios de nuestros servicios de recogida centralizada de desechos.

### **P. ¿Se puede afirmar que están controladas las fuentes radiactivas en cada uno de sus países?**

**R. Eduardo Medina.** En cuanto al tema del control regulatorio quiero indicar que la situación en América Latina no es la misma en todos los países. En algunos países quien se encarga del control puede ser el Organismo que hace la promoción de la energía nuclear o bien las autoridades de salud; sin embargo en otros hay una sola Autoridad encargada del control de rayos X y material radiactivo en todas las aplicaciones, como ocurre en Perú y Guatemala. En otros países esta responsabilidad está compartida, es decir del control de rayos X de uso médico se encargan las instituciones de salud, llámense Institutos o Ministerios y de materiales radiactivos y nucleares se encargan las Comisiones de Energía Ató-

mica o Entes Reguladoras Nucleares. En Perú yo soy Presidente de la Sociedad de Radioprotección, pero también trabajo en la Autoridad Reguladora que es el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) que, desde su creación en 1975, se encarga de promover el uso de radiaciones y realizar el control de las mismas. Desde hace 9 años, está separado orgánicamente lo que es la parte reguladora de lo que es promoción, desarrollo e investigación en energía nuclear y protección radiológica, y desde 1994 hay una separación física que favorece tremendamente la acción de control. La dependencia que tiene a su cargo las funciones de control es la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional del IPEN, que está en un céntrico distrito de la capital, mientras que el Centro Nuclear de Hurangal está situado a 30 km de la ciudad.

**R. J. Quintela de Brito.** En Portugal se publica el 27 de julio de 1936 la Ley nº 1942, sobre accidentes de trabajo, en la cual se reglamentan, igual que las enfermedades profesionales, la responsabilidad de la entidad patronal. En el año 1961 se publica un Decreto - Ley en cuyo preámbulo se establece la obligación de declarar por parte de los poseedores, a la Junta de Energía Nuclear, cualquier tipo de fuentes de radiaciones ionizantes utilizadas en el país con fines médicos, científicos e industriales.

En el año 1953 se crea dentro del Instituto Portugues de Oncología (IPO) el Laboratorio de Física Nuclear de la Comissão de Estudos de Energia Nuclear del Instituto de Alta Cultura. Posteriormente se transfieren las competencias al Laboratorio de Física e Engenharia Nucleares (LFEN) de la Junta de Energía

Nuclear (JEN), donde se organiza el Serviço de Protecção contra Radiações Ionizantes (CPCRI), dándose continuidad dinámica al trabajo empezado en el IPO.

En el año 1989 se publica un Decreto-Ley que atribuye a la entonces Direcção-Geral dos Cuidados de Saúde Primários la implementación y aplicación de medidas con la finalidad de garantizar la protección contra radiaciones de personas y bienes en el territorio nacional. Un año después se publica un Decreto-Regulamentar que establece los principios y las normas de las acciones a desarrollar en el área de la PCRI y define los límites de dosis para los trabajadores expuestos a radiaciones y para el público en general.

Posteriormente se observa una dinámica que se acerca a la de la Unión Europea, con la aplicación progresiva de las directivas.

**R. Gian Maria Sordi.** Lo que ocurre en Brasil es un poco más complicado. Hay claramente dos épocas. Aquella que corresponde a la dictadura, en la cual estaba en vigor el decreto-ley AI-5 de Seguridad Nacional, tiempo en el que la Comisión Nacional de Energía Nuclear estaba encuadrada en ella. Todo lo que ella decía, lo hacía todo el mundo, nada se podía discutir, la Comisión controlaba todo. Al restaurarse la democracia empezó el miedo de que cualquiera podía ir a la Justicia y decir que el asunto no era competencia de la Comisión. La nuestra es una Comisión Nacional de Energía Nuclear no atómica, por tanto, todos los equipos de rayos X, aceleradores, etc, no son competencia de nuestra Comisión.

Los aspectos relacionados con la salud del trabajador son competencia del Ministerio de Salud, y las aplicaciones industriales son competencia del Ministerio de Trabajo.

Nuestra Comisión fue vinculada al Ministerio de Minas y Energía, y a partir de 1991 a la Secretaría de Asuntos Estratégicos, lo que dio lugar a que nuestra Comisión se retrajese. ¿Qué ocurre? Pues que los Ministerios de la Salud y del Trabajo no tienen personas especializadas para hacer ese control. Por tanto el Ministerio de Salud transfirió su responsabilidad a la Secretaría de Estado de Salud subordinada a cada Estado de la Federación y pidió a la Comisión la realización de cursos de entrenamiento, con lo que la responsabilidad del accidente fue totalmente diluida.

Ahora el Ministerio de Salud ha emitido una Norma diciendo que las Normas de la Comisión valen para el Ministerio indicado. Por otra parte, se ha creado un grupo mixto con personas de la Comisión para elaborar las Normas de Protección al Paciente y la parte relativa al médico.

Pero esta situación no es la misma en todo el Brasil. En San Paulo es al contrario. Allí existía un Servicio de Inspección de Rayos X subordinado a la Secretaría de Estado de Salud muy fuerte y la Comisión Nacional de Energía Nuclear pasó toda su competencia a la Secretaría, diciendo que al entregarle una copia de sus informes a la Comisión, ésta lo aceptaría como si fuese de su propia inspección. La Comisión no realiza directamente inspecciones dentro del Estado, excepto en caso de litigio entre el Servicio de Inspección de rayos X y el cliente; cuando éste reclama a la Comisión ésta interviene emitiendo juicios. Es un poco complicado, pero ha marchado bien hasta ahora.

**P. ¿Qué programas de vigilancia radiológica están llevando a cabo**

**en relación con el medio ambiente?**

**R. Juan Tomás Zerquera.** Como consecuencia del accidente de Chernobyl, se estableció en Cuba desde 1989 y a partir de un proyecto de colaboración internacional con el OIEA, la Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental de la República de Cuba, la cual tiene numerosos puntos de muestreo a escala regional. Esta red se dedica a detectar cualquier ingreso de contaminantes procedentes de un accidente con liberación de radiactividad al medio ambiente, en algún país vecino.

#### ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS RADIATIVOS

**P. ¿Disponen en sus países de un lugar de almacenamiento de residuos radiactivos de media y baja actividad?**

**R. César Arias.** En Argentina sí existe un sistema de almacenamiento de residuos de media y baja actividad, pero no tan sofisticado ni tan desarrollado como El Cabril.

**R. Hermenegildo Maldonado.** Nosotros también tenemos un lugar de almacenamiento temporal situado a 30 km de la ciudad, pero no tan sofisticado. Se está planteando la posibilidad de cambiar su ubicación dada su proximidad a la ciudad.

**R. Gian Maria Sordi.** En nuestro país se almacenan en las piscinas de las propias instalaciones los elementos combustibles utilizados. Los residuos de media y baja actividad lo guarda cada instalación y la mayoría se dejan decaer hasta



una actividad de 100 Bq/g y después se eliminan como residuos convencionales. Los residuos procedentes de RIA son considerados exceptuados. Aquellos que tienen una vida media más larga y que, por lo tanto, no pueden ser eliminados como residuos convencionales, son recogidos al IPEN si son provenientes del Estado de São Paulo. El gobierno federal ha recomendado que cada Estado de la Nación resuelva por su propia iniciativa este problema. La Comisión Nacional de Energía Nuclear, con sede en el Estado de Río de Janeiro, cuando recoge residuos radiactivos los envía al IPEN.

**R. Juan Tomás.** En Cuba sólo hay residuos de baja y media actividad. En el CPHR existe un almacén de desechos radiactivos y fuentes en desuso con todos los requerimientos de seguridad para su almacenamiento temporal. El equipo que controla este almacén está trabajando para inmovilizar estos materiales hasta que exista una decisión sobre su disposición definitiva. Actualmente está en fase de proyecto un repositorio para estos residuos.

**R. Eduardo Medina.** En Perú existe una Planta de Gestión de Residuos Radiactivos ubicada en el Centro Nuclear de Huarangal que se utiliza, fundamentalmente, para gestionar los residuos provenientes de hospitales, y también se almacenan allí las fuentes selladas en desuso procedentes del área médica e industrial.

## **NORMATIVA EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

**P.- ¿Existe alguna Normativa en materia de protección radiológica cuya aplicación sea común a todos**

**los países miembros de la Federación? ¿Desde cuando?, o por el contrario cada país tiene la suya.**

**R. César Arias.** No existe una Normativa formalmente acordada por las sociedades miembros de la Federación, pero de hecho nuestras Reglamentaciones tienen bastantes aspectos comunes porque la historia ha sido semejante, como decíamos anteriormente. Antes de la creación de la Federación ha habido un programa promovido por el OIEA, que nos ha permitido tener muchos encuentros técnicos y poco a poco hemos ido aceptando criterios comunes; por tanto, nuestras Normas tienen aspectos comunes aunque no sean idénticas.

**P. ¿Es posible que en un futuro más o menos próximo dispongan de Normas de aplicación común, es decir que puedan tener un Reglamento de Protección Radiológica común, algo así como un marco genérico que, evidentemente, cada país desarrollará después?**

**R. César Arias.** Tenemos un modelo que son las recomendaciones de ICRP y del OIEA y que vamos a adaptar a cada uno de nuestros países. En la adaptación puede haber diferencias pero no serán sustanciales. Puede haber diferencias en los plazos, en algunas cláusulas de exención. Pero al tener esos modelos a la vista, en los que todos estamos de acuerdo, de aquí a pocos años tendremos todos Normas muy semejantes.

**R. Hermenegildo Maldonado.** Quiero agregar que el Programa ARCAL está ahora promoviendo, como ya se ha indicado, el desarrollo de un Reglamento genérico de Protección Radiológica para

América Latina, en el que están trabajando diferentes países como Argentina, Chile, México, etc.

**P. ¿Ese Reglamento que estáis desarrollando puede compararse más o menos con la Directiva Comunitaria elaborada por los países miembros de la UE de forma armónica, que no permita que cada país tenga valores o normas propias diferentes?**

**R. César Arias.** Es un documento diferente a la Directiva; ésta es de obligado cumplimiento para todos los países miembros, nosotros no lo hacemos mandatorio.

**P. ¿Será algo similar a las Normas del OIEA, es decir, recomendaciones que pueden ser o no aceptadas?**

**R. Eduardo Medina.** Vamos a hacer un documento general que pueda ser utilizado o mejorado por cada país. Hay que tener en cuenta que el grado de desarrollo de cada país es diferente, por ello no resulta fácil aplicar una Norma específica igual para todos los países.

**P. En un plazo no muy largo ¿todos los países dispondrán de la misma Normativa?**

**R. César Arias.** En los aspectos esenciales sí será común, aunque la redacción puede tener algunos matices diferentes.

**P. César Arias ha indicado que Argentina ya está adaptando su Reglamentación a las nuevas Normas Básicas del OIEA. ¿Cuándo se hará en otros países?**

**R. Eduardo Medina.** En este momento se está revisando el Reglamento de Protección Radiológica que tenemos vigente desde el año 1989 y pensamos que el próximo año ya contaremos con un nuevo Reglamento que incluya las nuevas Recomendaciones del ICRP -60 y las Normas Básicas de Seguridad. Trataremos de que se apruebe con el más alto nivel legal, que puede ser un Decreto Supremo u otro dispositivo legal de mayor nivel.

**R. Juan Tomás.** La Normativa Cubana está en proceso de discusión. Se ha adaptado a las nuevas Recomendaciones y está prevista su aprobación para el año 1997.

**R. Gian Maria Sordi.** En Brasil la situación es un poco más complicada. Los nuevos límites están muy lejos de aplicarse; muchos trabajadores reciben dosis superiores a los 3/10. No creo que se vayan a aplicar en el futuro próximo. No sé bien si por influencia americana nuestras autoridades no se han preocupado en aplicar con fuerza la reducción de dosis, pero ahora están empezando a tomar en consideración el tema, exactamente como los americanos. De esta manera, no estamos todavía en condiciones de aplicar los nuevos límites.

**R. Hermenegildo Maldonado.** La situación es parecida a Perú. Estamos trabajando en la modificación de nuestro Reglamento; cuando terminen los trámites legales entrará en vigor.

**P. La proximidad de México con Estados Unidos os condiciona en la aplicación de la Normativa. ¿Sois más espejo europeo o americano en este asunto?**

**R. Hermenegildo Maldonado.** Realmente somos mitad y mitad, algo de razón tienes. Por ejemplo, en el caso de la construcción de la central nuclear en México ocurrió un poco ésto. Existía la filosofía de que debía ser licenciada en el país de origen, por tanto debía aplicarse la Reglamentación americana en la construcción. Los americanos retrasaron la aplicación de ICRP -26, sin embargo en México comenzó a aplicarse antes. Ahora ellos la están aplicando pero nosotros comenzamos a aplicar ICRP -60.

**P. Ahora que sabemos un poco cómo está la Normativa en sus países, cómo la están modificando, ¿qué consecuencias va a tener o tal vez no tenga ninguna a nivel práctico, la adaptación a ICRP -60?**

**R. César Arias.** Hay algo que ocurre en todos los países, la adaptación a los nuevos límites de dosis no es un cambio trivial. En algunos países, como es el caso argentino, ya lo hemos concretado incluyendo alguna cláusula de excepción.

Ahora bien, hay otros aspectos en las nuevas Recomendaciones como la prevención de accidentes, el concepto de exposición potencial, etc. No resulta sencillo llevar a la práctica la concepción de la protección radiológica planteada en ICRP -60. Resulta sencillo de escribir pero ponerlo en práctica puede suponer años de trabajo para conseguir esa estructura institucional y legal.

Hay que mirar los problemas reales y las dificultades existentes en la reducción de dosis, y separarlos de aquellos que no son tales. Puede ocurrir, por ejemplo, en algunas prácticas de gammagrafía industrial en las que las fuentes están por todo el país y sólo pueden ser controladas una

vez al año, las dosis son altas simplemente porque están trabajando mal. No sería necesario hacer grandes inversiones en blindajes, simplemente es cuestión de formación, educación y mayor control institucional.

La reducción de dosis no siempre tiene repercusión económica. Puede resultar tan difícil cumplir el límite de 50 como el de 20. Otro ejemplo pueden ser algunas prácticas médicas en las que las dosis son altas por el mal uso de las fuentes.

**R. Hermenegildo Maldonado.** Lo que uno ve en ICRP 60 son los límites bajos, pero estas Recomendaciones no hablan sólo de ellos, no son los límites nada más, es la filosofía que hay detrás, hay que afianzarla más, tener en cuenta labores de desclasificación, exención, restricción de dosis. Diría yo que se podría establecer correspondencia entre Sociedades para ver cómo se pueden abordar los diferentes aspectos de protección radiológica recogidos en las nuevas Recomendaciones. En cuanto a la aplicación de ICRP -60 y las Normas Básicas, más que los límites lo que nos preocupa, como he dicho, es la filosofía y la manera de actuación de la protección radiológica, que se entienda bien desde el usuario de las fuentes radiactivas hasta el propietario. En cuanto a los límites, aunque son más estrictos, no hay impedimento para alcanzarlos. Hemos hecho un estudio de instalaciones de teleterapia y en todas ellas se cumplen con facilidad.

#### CONSENSO EN DIFERENTES ASPECTOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**P.- ¿Qué aspectos de la protección radiológica, formativos, nor-**



**mativos, operacionales, etc, piensan que pueden ser consensuados por los países que integran la Federación en la actualidad?**

**R. César Arias.** En la actualidad están en proceso de consenso muchos aspectos. En muchos programas de formación han participado diferentes países de América Latina, de modo que tenemos una formación muy parecida. Ahora bien, nos queda mucho para terminar el proceso de consenso.

Por lo que ha comentado Eduardo Medina del Programa ARCAL, se deduce que hemos desarrollado aspectos prácticos comunes.

**P.- ¿Es posible que los países que se vayan incorporando a la Federación puedan aceptar esa Normativa mas o menos consensuada por Vds. para hacerla propia o la formación existente en esos países no es suficiente para aceptar ésto?**

**R. César Arias.** La formación es semejante, lo que ocurre a veces es que estos países no tienen Sociedades de protección radiológica, porque el núcleo de profesionales ha sido pequeño o está un poco disperso entre diferentes instituciones, o bien no han tomado todavía la decisión de congregarse. No hay diferencias conceptuales profundas con ellos. Puede ocurrir que hayan tenido menos oportunidad o menos recursos materiales o institucionales de consagrarse más profundamente a una profesión. Pero no nos separan diferencias conceptuales importantes, ésa es mi opinión.

**R. Eduardo Medina.** Quisiera añadir algo más. El hecho de que se forme

una sociedad y se integre en la Federación no significa, necesariamente, que tengamos que establecer Normas iguales para todos. El desarrollo de la protección radiológica en cada país es diferente y tiene autoridades distintas aunque hay aspectos iguales en muchos países.

**R. César Arias.** Hay una parte operativa muy particular en cada país.

**R. Eduardo Medina.** Los principios de la Federación son diferentes. Las Sociedades son organismos no gubernamentales, totalmente autónomos en ese aspecto; no están vinculados exclusivamente al tema normativo, sino más bien a temas de difusión, divulgación y capacitación.

**PARTICIPACIÓN EN ORGANISMOS INTERNACIONALES**

**P. ¿Cuál es su representación en los diferentes Organismos Internacionales implicados en protección radiológica?**

**R. César Arias.** En América Latina hay dos Organismos Internacionales a los que incumbe directamente el tema de la protección radiológica. Uno de ellos es el OIEA con el cual todos nuestros países tenemos proyectos de colaboración. Todos los países tienen un representante en la Junta de Gobernadores de este Organismo, todos participan en las reuniones periódicas, también en las comisiones de trabajo. Existen los Comités Técnicos en los que hay representantes de todos nuestros países. El otro, que cuenta con menos recursos pero también importante, es la Organización Panamericana de la Salud. El Boletín de ARCAL, del que antes hablamos, está completa-

mente auspiciado por la Organización Panamericana de la Salud. También con este Organismo, todos nuestros países tenemos proyectos de colaboración.

**R. Hermenegildo Maldonado.** Adicionalmente México está en la AEN y entiendo que Argentina está haciendo lo propio para ingresar.

**R. Eduardo Medina.** Durante el desarrollo de las actividades de ARCAL han participado muchos países de América Latina. Se hacen reuniones de trabajo y eventos científicos en los que participan todos los países.

**FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

**P. ¿Disponen de los medios necesarios para impartir la formación adecuada al personal responsable de la protección radiológica de las instalaciones? ¿Estiman que los trabajadores profesionalmente expuestos disponen de la formación adecuada para realizar su trabajo minimizando los riesgos presentes en él?**

**R. Gian Maria Sordi.** Nuestro control del personal está bien hecho. Hay laboratorios acreditados por la Comisión Nacional para hacerlo, también se realizan bioensayos. Estos laboratorios elaboran un informe para el cliente y otro para la fiscalización de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, con sede en Río de Janeiro. Si se comprueba que están por encima del límite mensual derivado se pregunta por qué y se puede averiguar qué ha ocurrido.

Ahora bien, la Comisión tiene el planteamiento de que si se trabaja por debajo del límite de 50 mSv todo vale.



Por otro lado, tanto en las aplicaciones industriales como médicas, la Comisión exige la certificación del supervisor de protección radiológica y esta certificación es obtenida por un examen general y otro específico hecho por la propia Comisión.

**R. Hermenegildo Maldonado.** En México el Organismo Regulador no realiza directamente la formación, lo que sí hace es autorizar cursos a instituciones públicas o privadas.

**R. Gian Maria Sordi.** Nuestro control del personal está bien hecho. Hay laboratorios acreditados por la Comisión Nacional para hacerlo, tanto a nivel de exposición externa como interna, por medio de bioensayos y conteo de cuerpo entero. Estos laboratorios elaboran un informe para el cliente y otro para la fiscalización de la Comisión Nacional de Energía Nuclear con sede en Río de Janeiro. Si se comprueba que están por encima del límite mensual derivado, se pregunta por qué y se puede averiguar qué ha ocurrido.

Ahora bien, la Comisión tiene el planteamiento de que si se trabaja por debajo del límite de 50 mSv, todo vale.

Por otro lado, tanto en las aplicaciones industriales como médicas, la Comisión exige la certificación del supervisor de protección radiológica y esta certificación es obtenida por un examen general y otro específico hecho por la propia Comisión.

**R. César Arias.** Respecto a la formación de los trabajadores hay una herramienta reguladora vital, el licenciamiento del personal. En Argentina, y creo que la mayoría de nuestros países apuntan en esa dirección, ninguna persona puede trabajar con radiaciones ionizantes sin tener autorización personal además de las autorizaciones propias de la instalación. Esa autorización personal se otorga cuando se han

realizado diferentes requisitos que tienen que ver con la idoneidad de esa persona. La formación debe ser completa, no sólo en protección radiológica, sino desde un punto de vista técnico, en relación con lo que quiere hacer; por ejemplo, el médico tiene que ser especialista en radioterapia o en medicina nuclear y el que trabaja en gammagrafía industrial debe conocer bien los equipos que utiliza. Por tanto, esos cursos no necesariamente los debe impartir el Organismo Regulador. Cuando surge la necesidad de acreditarse las diferentes universidades piden autorización al Organismo Regulador para impartirlos. De esta manera se crea un mecanismo que permite, de forma automática, la formación de las personas.

**P. ¿Esta situación existe en todos los países?**

**R. Gian Maria Sordi.** En Brasil sí existe.

**R. Eduardo Medina.** Si, además de que existe, en este asunto juegan un papel importante las Sociedades. La Sociedad Peruana de Radioprotección en sus 9 años de funcionamiento ha capacitado más de 600 personas para que puedan sacar su Licencia. La Licencia, en nuestro caso, se consigue con un examen hecho por la Autoridad Reguladora y la capacitación se puede hacer en las universidades, Sociedad o en el IPEN. La Institución encargada de la formación en materia de energía nuclear es el IPEN, que funciona desde hace más de 20 años. Hay una especialidad llamada Tecnología Médica que es intermedia entre los técnicos y los médicos y se imparte en la Universidad durante 5 años. Cuando terminan pueden trabajar directamente en radiología, medicina

nuclear o radioterapia. En la actualidad, estos estudios se imparten en tres universidades en el país.

En esas universidades los alumnos adquieren una buena formación en protección radiológica debido a que se imparten cursos específicos y además la enseñanza está a cargo de profesionales con amplia experiencia en el tema.

En la región latinoamericana existen cursos más amplios de protección radiológica, los cuales se han dado en Argentina, México y ahora en Cuba, pero merece una mención especial el Curso de Post Grado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear que anualmente se dicta en Argentina desde 1980 ya que ha permitido que más de 300 personas de la región se capaciten y tengan una formación común.

Se han formado personas que están capacitadas para impartir cursos de física de las radiaciones y protección radiológica. Son dos cursos diferentes. Existe un Curso de Protección Radiológica, que es rotativo en cuanto al lugar de desarrollo. Se ha realizado en Argentina, dos veces en México y ahora en Cuba. Casi todos hemos seguido cursos de postgrado en Argentina.

**R. Juan Tomás.** En Cuba, la Agencia de Energía Nuclear y Medio Ambiente tiene entre sus dependencias un Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares, dentro del cual se organizan cursos de pre y postgrado en protección radiológica para diferentes perfiles, según se requiera. Adicionalmente el CPHR organiza cursos cortos de capacitación para aquellas organizaciones o entidades de usuarios que lo solicitan.

**P. Los cursos indicados, ¿están dirigidos sólo a responsables de protección radiológica o también**



### son para usuarios de radiaciones ionizantes?

**R. César Arias.** Estos cursos están dirigidos a todas aquellas personas que necesiten formarse en protección radiológica para instalaciones nucleares, médicas u organismos reguladores. Cada país decide qué personas deben acudir. Se realizan con el apoyo del OIEA.

### OPINIÓN PÚBLICA

**P. ¿Cuál es la actitud del público, en general, frente al uso de radiaciones ionizantes? ¿Existe una actitud positiva o por el contrario es más bien crítica como ocurre en otros países?**

**R. César Arias.** Yo diría que en Argentina el público tiene otras prioridades como puede ser llegar a fin de mes. Ahora bien, no cabe duda que hay grupos formadores de opinión que influyen en el público. En Argentina solo ésto ha tenido influencia en un aspecto, en el proyecto que hay para construir un repositorio nuclear. En este caso, sí ha existido del público una reacción negativa, probablemente estimulada. Pero en otros aspectos relativos a la energía nuclear no.

**P. ¿En México qué ocurre?, ¿por qué generalmente los grupos formadores de opinión presentan actitudes en contra de las centrales nucleares más que con el resto de aplicaciones?**

**R. Hermenegildo Maldonado.** Sí, hay reacciones, pero como bien dice César, todas son estimuladas por algún grupo.

**P. Es evidente que siempre son estimuladas al igual que ocurre en nuestro país, ¿pero cómo responde el público?**

**R. Hermenegildo Maldonado.** Yo diría que falta cultura crítica, cultura de seguridad para hacer una oposición fuerte.

**R. Gian Maria Sordi.** En nuestro país las opiniones contrarias vienen de la información recibida de la prensa extranjera. El partido verde ambientalista se convenció de que la energía nuclear utilizada con fines médicos e industriales es buena, pero están en contra de los reactores nucleares de potencia.

**R. Eduardo Medina.** En Perú la situación es parecida. Las aplicaciones de las radiaciones son bien recibidas por el público. Recientemente se ha inaugurado una planta de irradiación que ha tenido muy buena acogida.

### PROYECTOS I+D EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**P. ¿Podrían indicarnos si están desarrollando proyectos de I+D en materia de protección radiológica en la actualidad?**

**R. Gian Maria Sordi.** En todas las áreas. Nosotros, en el IPEN, estamos en la universidad y se realizan muchos trabajos de investigación, tesis doctorales, etc.

**R. Eduardo Medina.** En todos los países hay programas de I+D en protección radiológica, bien auspiciados por el OIEA o bien programas conjuntos a través del proyecto ARCAL.

### PRÓXIMO CONGRESO DE LA FEDERACIÓN DE RADIOPROTECCIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

**P. ¿Pueden avanzarnos alguna**

**noticia sobre el próximo Congreso de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe? ¿Tendrá dicho Congreso carácter de Congreso Regional de la IRPA como ocurrió con el último celebrado en Cusco?**

**R. Juan Tomás.** Cuando se tomó la decisión de que el próximo Congreso se celebrara en Cuba, nosotros solicitamos a la IRPA auspicio para que sea un Congreso Regional de IRPA. La respuesta ha sido muy clara, hasta que no conformemos nuestra sociedad no darán el auspicio, pero cuando eso ocurra lo volveremos a solicitar.

**P. ¿Dispondrán entonces de tiempo suficiente para organizar dicho Congreso?**

**R. Juan Tomás.** Entiendo que sí, porque los criterios organizativos de ese Congreso no deben diferir mucho de los de otros Congresos.

### FUTURA COLABORACIÓN ENTRE LA FEDERACIÓN Y LA SEPR

**P. El objetivo fundamental de su presencia en España es establecer programas de colaboración entre la Federación y la SEPR ¿cuándo surge la idea de venir aquí?**

**R. César Arias.** Leopoldo Arranz nos manifestó, en una reunión mantenida en Viena durante el pasado Congreso IRPA - 9, su amable invitación para asistir al Congreso SEPR - 6, aquí en Córdoba, al tiempo que realizaríamos una serie de visitas a diferentes instituciones y mantendríamos con ellas diferentes reuniones de trabajo.

Ha sido al llegar aquí cuando he percibido más claramente las posibilidades de colaboración.

Nosotros estamos aquí no a título personal, sí representando a nuestras Sociedades, no a nuestros Organismos. A nuestro regreso informaremos sobre lo que hemos visto y oído y se verá el grado de repercusión de esta visita.

**P. ¿Qué programas de colaboración podrían establecerse a su juicio entre la SEPR y la Federación?**

**R. César Arias.** Al finalizar el Congreso mantendremos una reunión de la Federación, firmaremos el Libro de Actas de la misma y analizaremos las posibles líneas de colaboración con la SEPR, con objeto de concretarlas en las próximas reuniones que mantendremos en Extremadura.

**P. Esa colaboración, ¿será a nivel de la federación con la SEPR o a nivel individual de cada Sociedad?**

**R. César Arias.** Esta colaboración no la limitaremos a los países que están en la Federación sino que será extensible a otros países.

**P. Es importante que las Sociedades de América Latina estén unidas, ¿el IRPA mismo favorece ese tipo de cosas?**

**R. César Arias.** Sí, es muy importante. Los países que no tengan una sociedad formalmente constituida sería bueno que tuviesen algún representante en esta Federación, como es el caso, por ejemplo, de Cuba.

**R. J. Quintela de Brito.** Agradezco muy de veras toda la colaboración recibida de la Sociedad Española de Protección

contra las Radiaciones, porque reconoce la complementariedad de nuestras Sociedades. Nuestra Sociedad se preocupa de estar en cuantos foros internacionales sea posible, hemos presentado nuestra Candidatura a la IRPA, tenemos proyecto de acuerdos con Francia, e intención de hacerlo con la Sociedad Brasileña, sobre todo después de la edición del primer número de nuestra revista "Radioproteção".

En breve estará disponible un número extraordinario de nuestra revista, ya indicada, en el que se publican las III Jornadas Portuguesas de Protecção Contra Radiações, en las que estuvo presente la SEPR dándonos su inevitable colaboración D. Miguel García Sagredo.

Quiero aprovechar esta ocasión para hacer referencia a toda la Comunidad Española que nuestra revista estará abierta a todos nuestros colegas españoles.

**BALANCE DE LAS REUNIONES DE TRABAJO**

**P. ¿Nos pueden hacer una valoración de las reuniones que han mantenido en el Consejo de Seguridad Nuclear y CIEMAT?**

**R. César Arias.** Todas las reuniones mantenidas han sido muy positivas. Ahora debemos esperar un poco a que las cosas se concreten. Nos llevamos muchas publicaciones que nos pueden ser de gran utilidad.

**R. Hermenegildo Maldonado.** La visita hecha al CSN ha sido muy interesante, doblemente para mí ya que pertenezco a un Organismo Regulador. Se ha reafirmado la relación científica que tenemos los mejicanos con el CSN y queremos aprovechar la experiencia que tienen en Regulación.

**P. Han encontrado una actitud distinta por parte del CSN a la de otras ocasiones?**

**R. Hermenegildo Maldonado.**

No, en absoluto, para mí la actitud del CSN siempre ha sido muy franca, muy abierta. Lo que buscamos en México, tanto a nivel de Sociedad como a nivel de Organismo Regulador es desclasificar; para ello la comunidad científica de España nos puede ayudar muchísimo dando ideas. Tenemos el problema de disponer de materiales contaminados naturales, procedentes de la industria petrolera, y podemos aprender cómo gestionarlos.

En cuanto al CIEMAT ha sido una visita muy provechosa y queremos incrementar más nuestros lazos de colaboración en aspectos tales como la formación de personal.

**R. Gian Maria Sordi.** El CIEMAT me ha gustado mucho. Es muy avanzado, disponen de un sistema similar al nuestro y mantiene un estrecho contacto con la Universidad. En nuestro Instituto hay aproximadamente 200 becarios predoctorales externos a la institución.

Cualquier actividad nuclear se hace en el IPEN, que es diferente a un instituto nuclear, que se interesa únicamente del ciclo del combustible y de los reactores de potencia o de investigación.

**R. Juan Tomás.** Cuando se habla de relaciones personales, el mérito de haber invitado a la representación española al Congreso de Cusco fue un hecho fundamental, porque abrió las puertas a todo lo que está sucediendo. Nosotros estábamos más lejos de España. Existía alguna colaboración entre el CSN y nuestro Organismo



Regulador, algunas personas habían venido a visitarlo.

Cuando en nuestro Centro se buscaron lugares para la formación de personal en Europa, nadie pensó en España, por desconocimiento.

A España la empezamos a conocer un poco antes de nuestro encuentro en Perú. La primera semblanza que tuvimos fueron unos folletos del CSN que comenzarán a llevar las personas del Organismo Regulador para allá. Empezamos a recibir información y percibimos que buscábamos cosas en lugares en los que no lo teníamos que buscar.

**P. ¿Eso quiere decir que había cubanos que se formaban en comunidades europeas distintas?**

**R. Juan Tomás.** Una misión RAPAT, grupo asesor de protección radiológica del OIEA, visitó Cuba en 1992 y dió recomendaciones de las cuales se derivó un listado donde estábamos todos los que debíamos irnos a cualificar, y establecimos una relación de Centros de categoría elevada de Europa, donde figuraba España al final..

Si nosotros hubiéramos conocido España antes, habríamos intentado venir. No tiene sentido que yo vaya a Francia a pasar trabajo, por la lógica barrera del idioma, pudiendo hacer lo mismo en España. Las relaciones entre España y Cuba son jóvenes. Por el CSN han pasado diferentes personas de nuestro Organismo Regulador y se mantiene la colaboración con CIEMAT.

**P. ¿Existe algún proyecto entre Cuba y CIEMAT en desarrollo?**

**R. Juan Tomás.** CIEMAT nos permitirá participar en sus proyectos de trabajo, mediante estancias de personas integradas

en grupos de trabajo. Esto será positivo, porque indudablemente nos aportará ideas nuevas.

## VALORACIÓN DEL CONGRESO

**P. ¿Podrían darnos su opinión acerca del 6º Congreso de la SEPR que acaba de finalizar?**

**R. César Arias.** El Congreso ha sido excelente. Todos los sectores han estado representados, no prevaleciendo ninguno de ellos; eso es muy importante. Ese es uno de nuestros defectos como Sociedad, aunque está abierta a miembros de otros organismos no lo está suficientemente todavía.

El agasajo español ha sido espléndido, ahora bien, tal vez sería bueno incluir un día más o una tarde libre, incluso la siesta.

**P. Resulta difícil integrar a todos los sectores. A España le ha costado trabajo y ha sido resultado del esfuerzo personal de gente bien inspirada.**

**R. Juan Tomás.** Me ha sorprendido mucho el alto grado de participación de todo el mundo. El Congreso se ha hecho entre todos los sectores, en la sociedad cubana no ocurrirá así. Costará trabajo que la parte médica se incorpore a la Sociedad, igual que la parte industrial. A mí me resulta difícil ser crítico, porque he venido invitado.

**R. Gian Maria Sordi.** El Congreso ha sido de excelente calidad en cuanto a los trabajos presentados. La actividad científica y social muy densa. Estoy muy cansado. Quizás debería haber menos cosas y más tiempo para discusiones e

intercambios personales y un poco de tiempo para poder conocer la hermosa ciudad de Córdoba.

**P. Para nosotros ha sido una sorpresa muy agradable contar con la presencia de las personalidades que han venido al Congreso, tanto en las ceremonias de Inauguración como en la de Clausura.**

**R. César Arias.** Me he dado cuenta. En Argentina no es muy común contar con la presencia de personalidades en los Congresos Nacionales. Ocurre alguna vez en los Internacionales.

**P. ¿A qué es debida esa actitud? ¿No son conscientes de la importancia que tiene el desarrollo de la protección radiológica?**

**R. César Arias.** Confluyen diferentes factores. Quizás no hemos dado suficiente transcendencia a los Congresos Nacionales y sí a los Internacionales. Además las instituciones están viendo en las sociedades científicas un mecanismo de acción. No es una concesión que nos hacen sino que a ellos les interesa venir.

En las grandes sociedades científicas los organismos gubernamentales se sienten honrados con la invitación. Creo que la SEPR está en esa línea.

## MENSAJE PARA LOS LECTORES DE RADIOPROTECCIÓN

**R. César Arias.** Quiero expresar en nombre de la Federación mi congratulación por la Sociedad que han conseguido, el elevado número de socios, las publicaciones realizadas y todas las actividades que desarrollan. ¡Enhorabuena!

## Sobre las recientes informaciones respecto a la incidencia de cáncer en las inmediaciones de Almaraz

Ante la noticia publicada en Diario 16 el pasado día 22 de Febrero titulada: **Almaraz: peligro de muerte**, y que se reproduce en estas páginas, considero oportuno aprovechar este foro para realizar una serie de matizaciones al referido artículo de forma que todos los socios interesados de la Sociedad Española de Protección Radiológica tengan conocimiento de causa y puedan en consecuencia opinar al respecto.

En primer lugar, no me parece apropiado ni ético generar, con tal artículo, la inquietud lógica que debe haberse producido entre los lectores de Diario 16, sobre todo los de la comarca en donde está situada la Central Nuclear de Almaraz por cuanto que las cifras manejadas no son ciertas.

Titulares del artículo dicen que: **La incidencia de cáncer en la comarca de la central nuclear extremeña es cinco veces superior a la del resto del país**. Esta afirmación es gratuita y totalmente falsa.

El artículo no aclara a qué tipo de incidencia se refiere. En cualquier caso valga decir que la única estadística fiable que existe en España sobre el cáncer se refiere a causas de mortalidad y no de incidencia. Esto es claro, muchos cánceres se curan y no son la causa última de muerte. Pero si se hiciera caso del artículo habría que concluir que en esa comarca extremeña se producen 5 veces más muertes de cáncer que en el resto del país, a no ser que, claro está, todos estos cánceres acabaran curándose o que todavía no se hayan producido las defunciones. Una incidencia tan alta de muerte por cáncer en la comarca debería reflejarse en la estadística provincial.

Voy ahora a realizar un simple cálculo matemático para mostrar lo absurdo de tal afirmación.

Cáceres tiene una población de 425.000 habitantes y una tasa de muerte por cáncer del 23,5 % según los datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística correspondientes a 1993.

La comarca a la que se refiere el artículo dice que tiene 60.000 habitantes. Si su tasa de muerte por cáncer fuera cinco veces superior a la media provincial (situación absurda porque supondría que más del 100% de las muertes se producirían por cáncer) se produciría lo siguiente:

Si  $x$  es el número anual de muertes por cáncer en la provincia de Cáceres sobre una población de 425.000 personas, para una población de 60.000 personas se tendrían que dar consecuentemente  $x \times 60.000/425.000$  muertes por cáncer, es decir  $0,141 \times x$ .

Si como dice su artículo, esto es 5 veces superior a la media nacional, entonces se produciría en esa zona  $5 \times 0,141 \times x$ , es decir,  $0,7 \times x$  muertes por cáncer, que sumados a los del resto de la provincia (supuestamente iguales a la media nacional) harían que la tasa anual de Cáceres **se hubiera incrementado en un 56 %, hecho que por supuesto no se ha producido ni se producirá**. Sólo con que tal incremento hubiera sido el doble, el reflejo en la estadística provincial sería del 11%, claramente manifiesto.

Aparte del malabarismo y barbarismo numérico, los hechos ciertos son los siguientes:

- La tasa de mortalidad por cáncer en Cáceres es, según datos del Instituto Nacional de Epidemiología, del 23,5 % en 1993 y del 23,7 % en media entre 1987 y 1993, inferior en ambos casos a la media nacional: 25,2 % en 1993 y 24,2 en media para los mismos años.



Lo mismo pasa con la totalidad de Extremadura, 23,4 % respecto en 1993 y 23,2 % en promedio para los años especificados. Además, la tasa de incremento anual a partir de 1990 tanto para Cáceres como Extremadura han sido menores que para el total nacional. De hecho ambas tasas prácticamente se han estabilizado desde 1987 mientras que las nacionales no han parado de crecer.

- Es cierto que el cáncer es el principal riesgo de la exposición a las radiaciones ionizantes. Sin embargo, hay que decir también la radiación ionizante es un débil agente cancerígeno.

También es cierto que una irradiación incrementa el riesgo de padecer cáncer de forma más o menos uniforme en todos los tejidos. Sin embargo, la epidemiología de las radiaciones ionizantes, fundamentalmente de los supervivientes de las explosiones atómicas, sólo ha encontrado aumento de riesgo significativo para los siguientes tipos de cánceres: leucemias (leucemias mieloides crónicas y agudas y leucemias linfocíticas agudas) (pero no para leucemias linfocíticas crónicas y leucemias de células T) y cánceres de estómago, pulmón, hígado, colon, vejiga, mama, ovarios, tiroides, piel y mieloma múltiple, pero no existe la misma evidencia para los cánceres de recto, páncreas, laringe, útero, próstata, riñón y pelvis renal.

- No se ha detectado ninguna malformación congénita asociada a la irradiación de los padres o a la irradiación del "conceptus" en el útero materno entre los nacidos de los supervivientes de las explosiones atómicas, ni entre los nacidos de otros grupos estudiados, ni siquiera entre la población evacuada tras el accidente de la Central Nuclear de Chernobyl.
- Dado que la vida se ha desarrollado y desarrolla en un ambiente radiactivo en el que la dosis anual recibida del fondo radiactivo natural fluctúa entre 3 y 5 mSv/año (a este respecto, Extremadura es una de las regiones espa-

ñolas con mayor fondo radiactivo **natural**), la dosis mínima adicional que debería recibir una población para que un estudio epidemiológico revelara como significativo cualquier incremento de la mortalidad por cáncer asociado con tal exposición, debería ser del orden o superior al del valor anual correspondiente al fondo radiactivo natural.

- Los límites de funcionamiento que el organismo regulador español, el Consejo de Seguridad Nuclear (C.S.N.), impone a las centrales nucleares españolas, permiten afirmar la imposibilidad práctica que ninguna persona de la población pueda recibir esas dosis aún en los 50 - 60 años previstos de funcionamiento de las instalaciones. En efecto, los cálculos más refinados que se puedan realizar sobre el impacto radiológico a la población por la operación de las centrales nucleares ofrecerían para la población circundante unos valores medios anuales iguales o inferiores a 0.01 mSv y máximos iguales o inferiores a 0.1 mSv que es la restricción de dosis operacional impuesta por el C.S.N. para el funcionamiento de las CC.NN. españolas.
- Este fondo radiactivo natural se cree que es la causa de la aparición espontánea del 5 % de todos los cánceres. Por otro lado, la incidencia basal (natural) de cualquier tipo de alteración genética que impide el desarrollo hasta la edad adulta de los nacidos, es del 5%, es decir de cada 100 nacidos, 5 mueren por causas congénitas antes de los 25 años. De este 5% el 0,7 % mueren antes de cumplir el primer año de vida.
- La estadística nacional en una población de 60.000 personas y en un periodo de cinco años predice de forma lamentablemente inexorable que se producirán los siguientes casos de muerte por cáncer:
  - 18 leucemias
  - 13 de cerebro
  - 13 de útero
  - 25 de vejiga

- 15 de la cavidad bucal (laringe)
- 45 de mama
- 115 de pulmón
- 50 de colon
- 14 de hígado
- 4 de huesos

- Esta es la cruda realidad de las cifras que el lector podrá comparar con las que publicaron en el artículo referido.

Por último y en relación a supuestos accidentes ocurridos en la Central Nuclear de Almaraz, hay que recordar que, según la escala INES (Escala Internacional de Sucesos Nucleares), ninguna central nuclear española ha sufrido nunca un accidente.

El incendio de la central nuclear de Vandellos I en 1989, el más grave incidente ocurrido jamás en una central nuclear española, fue catalogado como incidente importante.

La distinción entre ambas palabras es fundamental. La palabra accidente conlleva, en general, de forma implícita daño a las personas y la palabra incidente no.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha clasificado los, mal llamados por Diario 16, accidentes ocurridos en la central nuclear de Almaraz, como sucesos sin trascendencia para la seguridad y por tanto fuera de la escala o, como mucho, anomalías (nivel 1 de la escala, el más bajo).

**Eduardo Sollet Sañudo**

*Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica*

## SOCIOS COLABORADORES DE "RADIOPROTECCIÓN"

La revista RADIOPROTECCIÓN, medio oficial de difusión de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), comunica a todas las empresas u organismos, relacionados con la protección radiológica interesados en colaborar con la SEPR, que pueden hacerlo, inscribiéndose oficialmente como SOCIOS COLABORADORES, de acuerdo con el Artículo 5 de los Estatutos de la Sociedad.

Los socios Colaboradores tienen los siguientes derechos:

- ✓ *Disponer de información permanente de las actividades de la Sociedad.*
- ✓ *Una inscripción gratuita en las actividades de la SEPR (excepto en los Congresos).*
- ✓ *Número ilimitado de inscripciones con la cuota reducida de socio en los Congresos.*
- ✓ *Suscripción gratuita a RADIOPROTECCIÓN.*
- ✓ *Mención especial, al organismo o empresa colaboradora, en la revista.*
- ✓ *Descuento del 10% en las tarifas de publicidad para el año 1997 y en los montajes de stands en los Congresos.*

La cuota anual de Socio Colaborador es de 125.000 pesetas.



## Entrevista a Vittorio Ciani, Jefe en funciones de la Unidad de Protección Radiológica de la DG XI de la UE

**P**regunta. **¿Cuál es su opinión acerca de la Mesa Redonda en la que ha participado?**

**Respuesta.** Dada mi limitación en la comprensión del castellano, no he podido participar directamente en las discusiones, pero sí he podido observar, en el caso de la Mesa Redonda a la que he sido gentilmente invitado por los organizadores, la atención con que se ha seguido a los diferentes conferenciantes, el elevado número de asistentes, así como el interés, participación y precisión en las preguntas del debate. En cuanto al Congreso, mi opinión es muy parcial porque no he tenido ocasión de ver muchas cosas. No obstante, desde el punto de vista organizativo, logístico y social, me siento con un cierto complejo de inferioridad al comparar este Congreso con las espartanas reuniones que organizamos en la Comisión.

**P.- ¿Podría indicarnos, cómo cree que va a desarrollarse el programa de actuaciones de la UE en**

**los próximos años para conseguir que en un plazo no superior a 4 años, pueda haber una mayor o menor armonización en las normativas nacionales de los países-miembros? y, principalmente, ¿piensas que sería posible llegar a una normalización?**

**R.** Una de las características de la UE es que se tiende a armonizar las diferentes legislaciones nacionales, lo que supone un esfuerzo importante en los 15 países-miembros. La UE reconoce la dificultad de adaptar las disposiciones nacionales a la nueva Directiva, ya que tiene un campo de aplicación enormemente vasto y, por ello, el Consejo de Ministros de la UE ha dado un plazo muy largo, - de 4 años - para su implementación. Para facilitar esta difícil labor, la UE va a publicar una Comunicación, presumiblemente dentro de un año, en la que se tratarán las novedades más importantes que han sido introducidas en la nueva Directiva, como es el caso de la protec-

ción contra las radiaciones que provienen de las fuentes naturales, la restricción de dosis, las medidas a adaptar en caso de intervenciones o en situaciones declaradas crónicas a lo largo del tiempo, etc.

Este Documento, actualmente en preparación, está pendiente de su revisión por el grupo de Expertos del Artículo 31, previsiblemente en su próxima reunión en el mes de Noviembre, por lo que es probable se publique a principios del año 1997. Creo, sinceramente, que esta Comunicación facilitará una correcta implementación de la Directiva.

La elaboración de la Directiva ha sido el resultado de largas discusiones durante casi 3 años, llegándose al consenso final sobre un texto, que si bien no es perfecto, al menos, los 15 países miembros se han comprometido a cumplirlo. Para llegar a este resultado, han sido muy oportunas las intervenciones del Presidente del Grupo de Cuestiones Atómicas y de la Presidencia española de la UE. Mi sensación personal es que, habiendo trabajado tanto durante años



para llegar a un texto consensuado, no se tocará más.

**P. La siguiente pregunta interesa a muchos miembros de la SEPR implicados en actividades médicas ¿Cómo se está desarrollando la Directiva del paciente? ¿Cuándo piensa que esta Directiva estará disponible para presentarse al Consejo de Ministros de la UE?**

**R.** Gracias por esta pregunta. Está previsto, precisamente mañana día 26 de Septiembre, que se apruebe como Propuesta del Consejo. Dentro de algunas semanas, la Propuesta será enviada al Consejo de Ministros, que,

de acuerdo con el procedimiento habitual reglamentado por el tratado EURATOM, deberá ser consultado el Parlamento Europeo. Basándome en la experiencia en otros casos, habrá que esperar unos 6 meses para obtener la respuesta a esta consulta. En resumen, no he conocido un solo texto jurídico que, una vez llegado al Consejo de Ministros, haya sido aprobado en menos de un año.

**P. ¿Cuáles son los aspectos que no se tuvieron en cuenta en la anterior Directiva del paciente y serán incluidos en esta nueva Directiva?**

**R.** En cuanto a esta Propuesta de Directiva, debo indicar que ésta se limita

a considerar la exposición de las personas expuestas en exámenes diagnósticos o tratamientos terapéuticos. Como novedades, podría citar la propuesta de medidas en los casos de exámenes diagnósticos con fines de aseguración o con fines de evaluación estadística de la población, como es el caso del screening contra la tuberculosis, como se hizo antiguamente. Asimismo se proponen unas disposiciones que se deben tener presente para la radioprotección de los voluntarios expertos en investigaciones de nuevas tecnologías o metodologías. Por otra parte, trata de la justificación de las exposiciones, aplicaciones de controles de calidad, etc., transformando antiguas recomendaciones en cláusulas vinculantes.



## Entrevista a Abel González, Director de la División de Seguridad Radiológica y Residuos del Organismo Internacional de Energía Atómica

**P**regunta. En la Mesa Redonda del Congreso sobre la adaptación de las normati-

vas nacionales a las recomendaciones de la ICRP, usted ha formulado unas apreciaciones

importantes sobre las bases científicas y otros aspectos de las nuevas Normas Internacionales.



**Esto ha sorprendido a algunas personas y nos gustaría que lo aclarara.**

**Respuesta.** Lo que yo he tratado de transmitir en cuanto a la normativa internacional son mis frustraciones sobre lo que no pudimos - y en mi opinión deberíamos haber podido - conseguir. Esto no quiere decir que lo que conseguimos no fuera bueno. El paso dado es enorme pero no debemos presumir de que la protección radiológica se ha terminado. Es por ello que debí transmitir algunas de mis decepciones. Algunos temas que estaban suficientemente maduros y desarrollados no han podido ser incorporados en las nuevas Normas por falta de verdadero compromiso de los países.

Una de mis decepciones es el poco énfasis puesto en establecer las condiciones administrativas necesarias para mantener las fuentes radiactivas bajo control. Esto me sorprendió, porque daba por hecho que era así en todas partes. La ICRP no tiene recomendaciones específicas al respecto, porque también dió por hecho que era así en todas partes. Cuando comenzamos a escribir sobre este aspecto, hubo algunos expertos que se oponían. Esto me animó a indagar un poco y tuve que concluir que el panorama en el mundo es más dramático de lo que yo suponía. Hay muchos países que no tienen las disposiciones adecuadas. Hay alrededor de 50 países en vías de desarrollo, miembros del Organismo, que no disponen de infraestructuras de control adecuadas, más otros tantos que no son Estados Miembros y seguramente están en peores condiciones. Tenemos por lo

tanto más de 100 países donde el simple control administrativo de las fuentes radiactivas no existe o es deficiente. Quiero agregar que también algunos países desarrollados no tienen un buen sistema de control o el que tienen es pura formalidad.

**P. Hay una cosa que también nos ha llamado bastante la atención en la Mesa Redonda. Ha sido la referencia hecha a algunos países en los que existen normativas, incluso Organismos Reguladores, que son como ficticios, que no son operativos.**

**R.** A esto me refería antes, esa es la situación real. Se ha dado un problema difícil de describir. En algunos países la gente de nivel se ha desarrollado en organismos promotores y no se han desarrollado organismos reguladores. Estos últimos se desarrollaron finalmente pero sólo para cubrir un aspecto formal. En algunos países la diferencia que hay entre el nivel científico de la gente de los organismos promotores con respecto a los reguladores es de tal magnitud, que hace que estos últimos sean prácticamente inoperantes.

**P. Puede ser que los países no tengan recursos suficientes.**

**R.** No es sólo cuestión de recursos, es un asunto de nivel científico. No se pueden resolver problemas científicos sólo con papeles en el despacho; es necesario crear una tradición científica, disponer de laboratorios. No es práctica común que los Organismos Reguladores tengan laboratorios, propios o aso-

ciados, lo cual puede conllevar a que sus acciones se reduzcan a un trámite burocrático.

Mi segunda decepción fue que, si bien los expertos habían desarrollado un sistema cuantitativo para evaluar la seguridad (en el sentido del término inglés "Safety"), algunos de los estados miembros se opusieron a incorporar ese sistema cuantitativo en la normativa. Lo que ha quedado son expresiones de deseos algo vagas, por ejemplo diciendo que la fuente tiene que ser segura. ¿Pero qué quiere decir cuantitativamente eso de que la fuente tiene que ser segura?

**P. Conocemos a los detractores de esta idea. Se trataba, en definitiva, de establecer un criterio u objetivo de riesgo, pero a pesar de ello, ¿no se ha logrado un avance importante?**

**R.** Sí, pero lo que ha quedado en la normativa internacional, aunque es importante, es poco y no cuantificado. Sólo se dice que debe haber una cultura de la seguridad, una buena ingeniería, garantía de calidad, etc. Todo ello no son más que expresiones bonitas, pero por lo menos allí están. En la normativa de la UE ni siquiera hay eso, se ignora que un problema fundamental de la protección radiológica es asegurar un nivel adecuado de seguridad de la fuente.

**P. No olvide que la Unión Europea sólo tiene como competencia la protección de las personas y no la seguridad, tal como se entiende lo dispuesto en el tratado Eura-**

**tom. ¿Tiene algún otro tema de frustración?**

**R.** Mi tercer tema de frustración está relacionado con la "security" (protección física) de las fuentes. Parece que no quisiéramos ver la realidad, pero hay una gran cantidad de accidentes debido a fallos en la "security" de las fuentes. Me ha costado muchísimo esfuerzo introducir dos párrafos al respecto en las Normas internacionales. En la UE ni siquiera se menciona el tema. Tan sólo en algunos países nuevos del este de Europa y Asia Central hay muchas fuentes radiactivas sin una adecuada "security". Ahora bien, esto no quiere decir que todo esté mal, pero no se pueden ignorar esas realidades.

El último aspecto, tal vez el que más me preocupa, es que después de haber establecido tantas normas internacionales y nacionales, no tengamos un criterio cuantitativo claro que permita decir a una persona: " Señor, si donde vive Vd. el nivel de radiación es tanto, no se preocupe, Vd. no debe irse a vivir a otra parte". Ese nivel, sin duda, no se refiere al límite de dosis de 1 mSv por año, el cuál, en realidad, se trata de un límite sobre los incrementos de dosis ocasionado por un número limitado de fuentes. El "límite" sobre la dosis total podría ubicarse en el orden de los 10 mSv por año. No debería ser muy inferior, porque si lo fuera, tendríamos que comunicar a nuestros gobiernos la necesidad de evacuar áreas enteras, ya que existen muchas áreas donde la gente recibe dosis anuales de esa magnitud debidas a radiación natural.

**P.** Tal vez no podamos decir "esto es seguro y esto no lo es",

**pero sí que podemos decirles aquello que implica un determinado nivel de riesgo.**

**R.** Respecto a esto yo tengo una objeción fundamental que discuto con la mayoría de mis colegas de protección radiológica. Creo que es una falta de responsabilidad no decir con claridad que, si el nivel de radiación es suficientemente bajo, la situación es segura, punto. No debemos asustar a la gente con expresiones poco claras.

Los expertos de protección radiológica debemos tomar la responsabilidad de decirles, por ejemplo a los habitantes del atolón de Bikini en la República de las Islas Marshall: "Sí señores, ustedes pueden volver al atolón y pueden vivir tranquilos aunque el nivel de radiación allí es todavía algo más elevado que antes de que se efectuaran los ensayos nucleares (una dosis de alrededor de 4 mSv por año)".

**P. Allí hubo una evaluación de expertos dirigida por el OIEA que fue consensuada y los datos obtenidos eran superiores a 4 mSv.**

**R.** En este caso, lo primero que nosotros hicimos fue evaluar la situación radiológica. En este momento, en Bikini existen materiales radiactivos residuales de las pruebas nucleares, los cuales - teniendo en cuenta algunas presunciones que sería largo discutir aquí- producirían dosis de 15 a 17 mSv por año. ¿Qué hacer con estos datos en la mano? Cuando comenzamos a hablar a los binienses de la filosofía de la protección radiológica, de optimización, etc, ellos no quisieron saber nada de

esto. Sólo querían saber si podían o no volver a la isla. Si la respuesta es negativa, se preguntan "¿qué debo hacer? porque esa es mi tierra y quiero volver a habitarla". Hubo numerosas discusiones y al final se decidió que no podían volver, porque 17 mSv por año era un valor muy alto (claro que uno se podría preguntar qué ocurre en zonas de alta radiación natural como Ramsay (Irán), donde la dosis puede ser superior a 17 mSv; ¿es que la dosis de 17 mSv es alta para los binienses y no para los habitantes de Ramsay?). En fin, finalmente se decidió que, para que pudieran volver, se deberían llevar a cabo acciones de remedio tales como fertilizar la isla con potasio. Estas acciones permitirían reducir las dosis a algo así como 4mSv/año.

**P. ¿Cómo se compatibiliza eso con lo que están haciendo Alemania y Estados Unidos? En la ex Alemania del Este, por ejemplo, en relación con los diques de estériles, se decidieron valores más bajos.**

**R.** Son acciones difíciles de justificar en términos de protección radiológica. Me preocupan especialmente las decisiones de Estados Unidos por su influencia mundial. Ellos hablan de una cifra en torno a 0,15 mSv por año. Yo no podía entender la lógica de los reguladores. Si entiendo bien ahora, parece que ellos consideran que cuando tienen una zona con alto nivel de radiación debido a radiactividad residual, deben bajar la dosis hasta niveles tan bajos porque la misma rehabilitación de esa zona por una persona en el futuro debería ser considerada una "práctica", en el



sentido dado a este término en protección radiológica. Es decir, porque esa persona, al habitar allí, va a recibir un delta de dosis superior a la que habría sin ninguna radiactividad residual y ese delta de dosis debe ser comparado con los límites de dosis y tiene que estar por debajo de 1 mSv por año, inclusive por debajo de una restricción de dosis que ellos proponen en 0.15 mSv por año. Esa lógica, a mi juicio, es equivocada y se aparta de la filosofía de la ICRP. El concepto de "práctica" de la ICRP, se aplica a la introducción y mantenimiento de actividades beneficiosas para la humanidad que involucran exposición a las radiaciones. Si se considera que la rehabilitación de un lugar de los Estados Unidos donde el nivel de radiación es alto es una "práctica", el NRC debería, "in extremis", requerir una licencia a todas las inmobiliarias de Denver, porque si una persona de, por ejemplo, Florida se muda a Denver, podría recibir un delta de dosis que es mucho mayor que los límites de dosis que señala la Normativa americana.

**P. ¿Es mayor que 0.15 mSv?**

**R.** ¡Sí puede serlo!

En resumen, parece increíble que después de haber trabajado tanto, no hayamos resuelto el problema fundamental de cuál es el nivel aceptable para una situación de exposición crónica, ya sea una situación causada por radiación natural o por residuos del pasado. Lo que se pregunta la gente es: ¿puedo vivir aquí saludablemente?

**P. ¿Hay bases científicas, biológicas y epidemiológicas para defi-**

**nir ese número?. Y si las hay ¿por qué no se ha hecho?**

**R.** Por falta de decisión. Pero lo más curioso es que ese número sí se definió para el radón, y cuando se convierte el número para el radón, el cuál está expresado en actividad por unidad de volumen de aire, mediante los factores de conversión en los que hay acuerdo, se obtiene un valor de alrededor de 10 mSv por año. No sabría contestar porqué se definió ese número para el radón y no para el resto. Había cierto número de interesados en resolver el problema nacional del radón, en definir ese número, y así lo impulsaron. Sin embargo, para otras exposiciones crónicas parece no haber el mismo interés en resolver el problema, quizás porque la descontaminación hasta niveles irrisibles es un buen negocio comercial.

**P. Lo importante es disponer de unas Normas que nos permitan actuar considerando las prácticas y las intervenciones.**

**R.** Para las prácticas no hay problema. Las Normas son más que completas, si bien con las limitaciones antedichas en la parte administrativa de control y en la de la seguridad ("safety" y "security") de las fuentes. Tampoco hay problemas con las intervenciones en emergencias. Ahora bien, lo que la Norma no cubre adecuadamente, son las intervenciones en caso de exposiciones crónicas. Por lo menos en la nuestra (Normas del OIEA), hemos dejado la ventana abierta para el futuro, porque hay un anexo para exposiciones crónicas, si bien con un sólo número que es

para el radón, por tanto quien me suceda tal vez lo pueda desarrollar para otras situaciones. En las Normas europeas ni siquiera se menciona este problema.

**P. Sí, esto está recogido en la Norma Europea en los apartados de intervención y en el específico para radiación natural. El problema es que hay una parte gris entre intervención y práctica.**

**R.** El concepto de intervenciones tal y como está en la Norma Europea no resuelve este problema. Porque es un problema de magnitudes diferentes. En el caso de las prácticas, lo que las normativas sugieren es que si hay una radiación de fondo y se introduce una práctica, se supone que esa práctica va a causar un delta de dosis que se añadirá a la dosis de fondo. La normativa está para controlar este delta. En la parte de intervenciones, si hay una radiación de fondo y se estima que es muy alta y se la quiere bajar, la normativa sugiere qué procedimiento hay que seguir para bajar un delta. En ambos casos la normativa controla un delta de dosis, en las prácticas positivo y en las intervenciones negativo. Pero el problema de la gente es distinto; ellos quieren saber si pueden vivir bajo un determinado nivel total de dosis ¿sí o no?

**P. Pero para eso, está el concepto de optimización, el coste que supone rebajar.**

**R.** El concepto de optimización está basado en el delta y no en la dosis total. Puede resolver un problema específico, pero no se resuelve el problema de una manera genérica. Yo no cuestiono la

filosofía, que es correcta, pero no produce resultados genéricos y es difícil de comunicar a la gente.

Pondré otro ejemplo, el de los alimentos. También aquí se puede aplicar el concepto de optimización, así lo ha recomendado indirectamente el ICRP, y algunos países así lo han hecho en la práctica. Por ejemplo, los suecos han establecido que el nivel de contaminación en la carne de reno debería ser más bajo en Estocolmo que en Laponia. ¿Por qué?, porque el resultado de la optimización es distinto en Estocolmo que en Laponia. Pues bien, cuando comenzamos con las Normas Básicas y llevamos este planteamiento a la FAO, los reguladores de alimentos no lo podían entender. Ellos decían ¿cómo podemos ir a un país y decir que en base a un cálculo teórico, podemos permitir un alimento más contaminado en un lugar que en otro?

**P. Esto se deriva de un análisis de coste - beneficio. ¿Acaso no se tienen en cuenta las condiciones socioeconómicas de la sociedad que va a aceptar el riesgo?**

**R.** Sí, pero hay límites para ese enfoque, particularmente cuando se trata de exposiciones crónicas y se requieren soluciones genéricas. Los alimentos creo que son un buen ejemplo. Otro ejemplo de exposición crónica puede ser los lugares con radiactividad residual, por ejemplo, como he mencionado antes, las Islas Bikini. Los bikinianos y los expertos llegaron a un total acuerdo de que 4 mSv eran correctos. Pero luego los bikinianos se preguntan: "Bien, esto es correcto, pero

¿por qué los americanos usan 0,15 mSv? ¿Por qué no es genéricamente correcto?"

**P. ¿Por qué se sigue utilizando entonces la dosis colectiva? Al final se produce una desigualdad manifiesta en las zonas más desfavorecidas, deprimidas, de población escasa.**

**R.** Lo que su pregunta implica no es necesariamente cierto; pero sí estoy de acuerdo en que el tema de la dosis colectiva necesita más elaboración. Es una magnitud "agregada" que esconde mucha información. Convendría desagregarla al menos para los problemas a largo plazo, los que - por otra parte - se pueden resolver poniendo límites pragmáticos para los pocos radionucleidos de vida media larga que interesan, por ejemplo el H-3, el C-14 y el I-129. Pero creo que estamos muy lejos de eso todavía.

Los problemas causados por las exposiciones crónicas nos apremian ya, ahora. No es sólo el problema de Bikini, es el de muchas regiones de Rusia, son las colas de uranio en Kazastán, Africa, etc, y para todo ello no tenemos una respuesta clara y genérica.

**P. Bueno, más o menos se puede contestar en función del riesgo que implica una cosa o la otra. Lo que es necesario hacer y no se ha hecho en el pasado, es introducir a la gente en la cultura relacionada con las radiaciones ionizantes, y que sepan lo que significa. Tan sólo saben que las radiaciones ionizantes significan riesgo. Volviendo a su exposición**

**en la Mesa Redonda, ¿considera que la normativa establecida en el OIEA va a requerir un próximo desarrollo? ¿En qué aspectos?**

**R.** En el futuro necesitan desarrollarse los cuatro aspectos que he indicado, aunque todo esto lo podíamos haber hecho ya. Yo empezaría por las exposiciones crónicas, las cuales tienen que ser expandidas. No puede ser que sólo se considere el radón y no el cesio por ejemplo. La limitación de las exposiciones crónicas ha sido estudiada por la ICRP y el OIEA también lo ha hecho, pero ambos con poco éxito.

En este momento existe falta de coherencia en el tema de la limitación de dosis. Primero, nosotros utilizamos la palabra límite de dosis para un límite del delta de dosis en el caso del público, pero no en el caso de los trabajadores. Para éstos, por un problema legal que impuso la OIT, el límite es un límite de dosis no un límite del delta de dosis, es decir, un límite sobre la dosis total que reciben en el trabajo, incluyendo la natural. Segundo, los límites de dosis, así llamados para el público, son legalmente inaplicables: ¿Cómo puede saber un usuario de material radiactivo cuántas dosis está causando al público otro usuario?

**P. El problema del público ¿no es la liberación de radionucleidos de vida larga?**

**R.** Bien, si el problema es el futuro como he dicho antes, debemos pensar en los nucleidos que nos causarán problemas: el H-3, el C-14 y el I-129 y limitar las descargas de éstos.



Otro aspecto en el que se debe hacer hincapié es cuantificar la seguridad de alguna forma. Si no se quiere hacer de forma probabilística, habrá que hacerlo de alguna otra forma. El principal problema de la protección radiológica es, como ya he dicho, la seguridad de la fuente, pero, reitero, la pregunta a resolver es: ¿qué quiere decir, cuantitativamente, que la fuente es o no es segura?

**P. Estoy de acuerdo en que es necesario definirlo por probabilidad y decirle a la gente: "este riesgo significa esta probabilidad".**

**R.** Pero hay países que no lo quieren hacer.

Bien, querría además aclarar algunas cosas que dije en relación con los efectos biológicos. En conocimientos radiobiológicos hemos avanzado mucho, pero todavía hay grandes dudas que debemos resolver para tener una normativa sólida. Para mí, el problema más grande no es la linealidad a bajas dosis, ahí estamos más sólidos de lo que parece, aunque deberíamos entender mejor la influencia de la respuesta adaptiva y la apoptosis en el riesgo a bajas dosis. Pero sí me preocupa que no conocemos experimentalmente el umbral para efectos deterministas para el caso de exposiciones crónicas. Sí, lo conocemos muy bien para exposiciones agudas, pero no para exposiciones crónicas, y las agudas suelen ocurrir raramente. Esto es una carencia grave que tenemos. Me llama la atención que los biólogos no hayan tratado de llevar a cabo experimentos sencillos para resolver esta carencia. En este momento, en la Nor-

mativa Básica hay un número en torno a los 100 mSv por año como umbral para efectos deterministas y obliga a la intervención bajo cualquier circunstancia. Yo sospecho que el nivel podría ser más alto que este valor.

Mi pregunta concreta es la siguiente: todos estamos de acuerdo en que la intervención es mandatoria bajo cualquier circunstancia, sólo si estamos cerca de los efectos deterministas, si no es así hay que hacer optimización. Pero ¿cuál es la dosis umbral para efectos deterministas cuando la exposición es crónica?

Otro aspecto en relación con el tema biológico, que creo no se ha entendido bien, está en relación con la epidemiología. Lo que yo he dicho es que después de Hiroshima y Nagasaki, se ha hecho fundamentalmente epidemiología y posteriormente se han comenzado a investigar los mecanismos de los efectos biológicos de las radiaciones. Debemos pensar que la epidemiología es fundamentalmente estadística y, si desconocemos los mecanismos, la epidemiología no vale para mucho. Es necesario conocer primero los mecanismos y después utilizar la epidemiología para cuantificar los aspectos debidos a esos mecanismos.

**P. Algunas personas opinan que Vd., a nivel internacional, está propugnando el abandono de los estudios epidemiológicos...**

**R.** Eso es un disparate.

En síntesis, creo que las Normas son buenísimas, ha habido un consenso internacional único, creo que se ha dado un paso de gigante. Las bases biológi-

cas son extraordinarias pero todavía hay huecos que rellenar y algunos de forma rápida. Si una persona seria, que quiera saber del tema, se entera de que nosotros llamamos límite de dosis a un valor inferior a la radiación natural de fondo, pensará que estamos locos. Si, además, sabe que con toda nuestra Normativa no podemos decirle a la gente cuál es el nivel de dosis que le permite vivir tranquilamente en su casa, salvo para el radón, concluirá, y con razón, que hay algo que no funciona.

**P. ¿Qué orden de prioridades tiene establecido el Organismo para abordar los temas?**

**R.** La exposición crónica es tan urgente que no podemos esperar a hacer una Normativa nueva. Debemos actuar sobre problemas reales, porque no hay tiempo. En paralelo va la Normativa, aunque creo que tardará, entre otras cosas, debido al hecho de que hay países que se muestran preocupados cuando se les dice que 10 mSv por año podría ser un valor aceptable.

**P. ¿Podría adelantarnos algo relativo a la futura Conferencia del OIEA que se celebrará probablemente el próximo año en España?**

**R.** Está prácticamente acordado que habrá una Conferencia cuyos objetivos pretenden cubrir muchos aspectos relacionados con los efectos biológicos de las bajas dosis de radiación y con los aspectos regulatorios. Hay que fomentar el intercambio de información sobre los efectos biológicos y sobre cómo regular

la protección contra ellos, cómo regular el riesgo. En la parte biológica de la Conferencia, espero que se resuelvan problemas como los que he indicado anteriormente tales como los efectos adaptivos, la apoptosis, para los que no se conoce la respuesta con precisión. Por otra parte, en el aspecto regulatorio, existen problemas importantes como por ejemplo: "¿cómo debe regularse aquello que no es detectable desde ningún punto de vista?". Esta es una pregunta profunda. En un sistema legislativo napoleónico cualquier juez a quién Vd. pregunte le dirá que debe haber una relación causal entre un suceso y sus efectos. Bien, si esto es así, el límite de detección radioepidemiológico está cercano a los 100 mSv. Con los mecanismos actuales no hay forma de detectar efectos a muy bajas dosis de radiación. Quizás en el futuro, si conocemos a fondo el genoma humano, tal vez sea posible. Mientras tanto, muchos se preguntan: "¿cómo deben regularse estos niveles que producen daños plausibles pero indetectables?"

Todas estas cosas se discutirán en la Conferencia. Esta tendrá lugar en Sevilla, espero que la primera o segunda semana de noviembre y hay tanto interés por este tema y tanta controversia que, estoy seguro, habrá una asistencia masiva. En estos momentos en Estados Unidos este es uno de los temas más importantes en discusión.

**P. En España, dentro de la protección radiológica y entre otros asuntos, un tema importante es la gestión de residuos. El OIEA acaba de reorganizarse, sabemos que el ICRP está haciendo una revisión al respecto. ¿Podría darnos su opinión?**

**R.** Acabamos de terminar esa reorganización. La hemos hecho sobre una base técnica que parte de la definición de lo que entendemos por residuo. Nosotros hemos definido como residuo todo aquel material radiactivo que no tenga más uso después de una práctica con radiaciones. Los hemos dividido básicamente en tres grupos. Los residuos que son descargables al medio ambiente; aquellos que pueden disponerse de una manera concentrada (éstos son los que generalmente se llaman residuos sólidos); y los llamados residuos residuales, aquellos que provienen del pasado. Ese es el enfoque que tiene el OIEA, abordando esos tres problemas de manera separada pero interrelacionada.

El problema de los residuos descargables es simplemente cómo controlar las descargas de una manera tal, que impida la polución futura del ambiente. El problema de los residuos disponibles concentrables es cómo planificar para el futuro cuales son las mejores opciones para grandes cantidades de residuos. En el caso de los residuos residuales nos planteamos: "¿cuál es el nivel de exposición residual a partir del cual se puede considerar que es una radiación de fondo que no debe considerarse un problema sanitario?". El ICRP ha organizado un grupo de trabajo que, por primera vez, está preguntando cuestiones fundamentales sobre el manejo de residuos. He sometido a consideración del grupo algunas cuestiones al respecto que considero fundamentales, por ejemplo ¿cuáles son las magnitudes que hay que controlar?. Una de ellas es la magnitud "dosis". Pero ¿qué sentido tiene hablar de esta magnitud en el año 100000? La magnitud "dosis" no fue introducida

para ese lejano futuro. Los que la introdujeron estaban pensando en una magnitud medible y relacionada con los efectos detrimentales y no en la dosis que recibiría una persona hipotética en el año 100000, la cual no podemos calcular con ninguna precisión y no sabemos si representará efectos detrimentales a los que supuestamente vivirán en ese lejano futuro. En el tema de residuos no está absolutamente claro que magnitudes tenemos que controlar.

**P.- El OIEA está avanzando en esto, se comienza a hablar de otros indicadores, se están produciendo documentos importantes. Nos gustaría conocer su valoración del Congreso y la opinión sobre la SEPR.**

**R.** El Congreso fue fabuloso. He asistido a varias sesiones y he visto a varios grupos trabajando en efectos biológicos. Creo que proveer un foro para esos jóvenes, donde puedan intercambiar ideas, me parece maravilloso. Creo que lo han organizado muy bien. El nivel científico y de participación ha sido estupendo. Me llevo algunas lecciones sobre lo que debo y no debo hacer en la Conferencia de Sevilla.

Respecto a la Sociedad, bueno, estoy admirado por el crecimiento de la SEPR. Creo que ustedes mismos no se dan cuenta de ello. Yo conozco el desarrollo de la protección radiológica en España desde hace muchos años. Lo que ha pasado en la Sociedad española ha sido algo extraordinario, creo que no ha habido ninguna Sociedad en el mundo que haya crecido y se haya organizado, como ésta, en tan poco tiempo. Deben estar orgullosos de su Sociedad.

## JORNADA CIENTÍFICA EPIDEMIOLOGÍA Y RADIACIONES IONIZANTES

**E**l día 11 de noviembre del pasado año se celebró la anunciada Jornada sobre Epidemiología y Radiaciones Ionizantes, organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica, a través del Grupo de Medicina, con el propósito de ofrecer los conocimientos más recientes en el dominio de la epidemiología de las radiaciones ionizantes a bajas dosis.

La jornada se desarrolló en el Salón de Actos de UNESA, que estaba completamente lleno de asistentes.

La inauguración corrió a cargo de D. Adolfo González de Ubieta, Director Nuclear de UNESA, que agradeció a la Sociedad la celebración de este acontecimiento en UNESA y mostró su interés en el tema, y D. Eduardo Sollet, presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, que agradeció a UNESA las facilidades que había dado y, a los asistentes, su participación.

La presentación técnica corrió a cargo del Dr. Luis M. Tobajas, Jefe del Servicio Médico de la Central Nuclear de Ascó y Coordinador del Grupo de Medicina de la Sociedad, que expuso una introducción sobre epidemiología y sus métodos, y su aplicación al campo de las radiaciones ionizantes y la salud. Después hizo un recorrido sobre los estudios epidemiológicos publicados hasta el presente, a altas dosis y bajas dosis, que han servi-

do de base para calcular los factores de riesgo de los efectos estocásticos, como son el cáncer radioinducido y los efectos genéticos, recogidos entre otros por la ICPR y el UNSCEAR. El cáncer radioinducido representa probablemente el efecto más importante en radiobiología y radioprotección, y a este efecto se dedicó la jornada.

La presentación del acto fue seguida de dos conferencias. La primera corrió a cargo del Prof. D. Manuel Domínguez Carmona, Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad Complutense de Madrid, que disertó sobre "El Método epidemiológico y la investigación oncológica". El Prof. Domínguez Carmona expuso, con gran maestría, los métodos epidemiológicos más empleados en investigación oncológica, haciendo hincapié en los métodos de cohorte y casos-control, analizando sus ventajas e inconvenientes, e ilustró con ejemplos prácticos las limitaciones de la epidemiología.

La segunda conferencia fue impartida por la Dra. Elisabeth Cardis, Jefa del Programa de Radiación y Cáncer de la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer de la Organización Mundial de la Salud, que llevaba como título "Estudio Internacional sobre el Riesgo de Cáncer en los trabajadores de la industria nuclear".

La Dra. Cardis expuso con gran brillantez este estudio internacional que se ha realizado con varios países que abarcan miles de trabajadores, y sus resultados fundamentalmente sobre leucemias son algo inferiores a los esperados según los factores de riesgo previstos por la CIPR. Estos estudios continúan actualmente y España está ya participando en un estudio internacional que comprenderá más de 500.000 trabajadores de todo el mundo.

Finalizadas las mencionadas conferencias, que fueron seguidas con gran interés por todos los asistentes, se celebró el coloquio que fue moderado por el Dr. Tobajas. El coloquio resultó ser muy participativo, y se expusieron una serie de opiniones por parte de los asistentes y ponentes que tratamos de resumir.

Se constataron las dificultades que plantean los estudios epidemiológicos que tratan de averiguar los efectos biológicos a bajas dosis y tasas de dosis bajas. Sin embargo, la epidemiología, correctamente utilizada, puede contribuir a evaluar los factores de riesgo de estas dosis de radiación en sus justos términos.

Parece que el colectivo de trabajadores de la industria nuclear constituye un colectivo idóneo para realizar estudios epidemiológicos a bajas dosis y tasas de dosis bajas, recibidas de manera prolongada en el tiempo. Ello es debido, sin



duda, al rigor con que se recogen los datos médicos y dosimétricos en todo el mundo, que posibilita estudios internacionales.

En el caso de poblaciones próximas a centrales nucleares, el impacto radiológico en operación normal es muy inferior al fondo radiactivo natural, por lo que este tipo de estudios difícilmente pueden aportar conocimientos sobre la curva dosis-efecto.

Hasta el momento presente, no existen evidencias científicas sobre los factores de riesgo de la radiación a bajas dosis, y es de esperar que esta situación conti-

núe por algún tiempo, por lo que seguiremos sin conocer exactamente la curva dosis-efecto a estos niveles de radiación. Por ello, los organismos internacionales y nacionales deben proseguir sus investigaciones en los campos de radiobiología y radioprotección, para conocer con precisión la estimación del riesgo a bajas dosis.

Finalizado el coloquio, se procedió a la clausura de la Jornada que estuvo presidida por el Excmo. Sr. D. José Ángel Azuara, Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear, en la que participaron los Ilmos. Sres. D. Juan José Francisco Polledo, Director General de Salud Públi-

ca del Ministerio de Sanidad y Consumo; Dña. Odorina Tello, Subdirectora General del Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III y D. Javier Olaso, Director Gerente de Nuclenor y Presidente del Área de Protección Radiológica y Sanitaria del Comité de Energía Nuclear de Unesa, exponiendo los puntos de vista de los Organismos que representan. Todos coincidieron en felicitar a la Sociedad Española de Protección Radiológica, por el acierto e iniciativa en organizar esta jornada.

**Dr. Luis-M. Tobajas**

*Coordinador Grupo Medicina  
S.E.P.R.*

## CONCESIÓN DE LA CRUZ AL MÉRITO NAVAL CON DISTINTIVO BLANCO A MANUEL J. TORMO

**C**on fecha 3 de enero de 1997 fue publicada, en el Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, una resolución de dicho Ministerio, en la que

se concedía la Cruz al Mérito Naval con distintivo blanco a D. Manuel José Tormo Ferrero, Jefe del Área de Inspección del Consejo de Seguridad Nuclear.

Miembro fundador de la SEPR, es actualmente vocal del Comité Científico de la revista RADIOPROTECCION.

### AVANCES EN RADIOBIOLOGÍA

**L**a S.E.P.R., en colaboración con el CIEMAT, organiza el Curso "Avances en Radiobiología", que se celebrará entre los días 26-30 de mayo de 1997.

### IMPLICACIONES DE LA NUEVA DIRECTIVA

**E**l próximo 28 de abril se celebrará el Seminario "Presente y futuro de la protección radiológica: Implicaciones de la nueva Directiva de la U.E., organizado conjuntamente por la S.E.P.R., CIEMAT y CSN.



## VII CONGRESO NACIONAL DE LA SEPR Y IV CONGRESO REGIONAL DE PAÍSES EUROPEOS DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

### PRESENTACIÓN

El próximo Congreso de Protección Radiológica de Barcelona, en mayo de 1998, tiene un doble interés. Por una parte, el derivado de los Congresos bianuales de la Sociedad Española de Protección Radiológica, cuya última referencia es la del Congreso de Córdoba de 1996, y, por otra, el de ser un Congreso de carácter regional, con nuestros colegas de Francia e Italia, siguiendo la trayectoria de los Congresos de Salamanca, Taormina y Montpellier.

El estado actual de la protección radiológica en España, en sus múltiples facetas, se podrá pulsar a través de las comunicaciones, en forma de posters, que se presentarán en el marco del VII Congreso de la SEPR en Barcelona. Los bloques temáticos previstos son:

- PR del público y del medio ambiente
- PR de los trabajadores
- PR de los pacientes
- Efectos biológicos de las radiaciones
- Normativa de la PR
- Formación en PR

Asimismo, la dosimetría como tema monográfico estará presente en el marco del IV Congreso Regional del Mediterráneo Occidental, que se celebrará de manera conjunta al Congreso Nacional. Los temas principales que podrán contemplarse serán:

- Dosimetría interna
- Dosimetría en accidentes
- Dosimetría ambiental
- Dosimetría en pacientes
- Dosimetría y control de calidad
- Técnicas dosimétricas
- Dosimetría de los trabajadores
- Otros aspectos de la dosimetría

La ciudad de Barcelona, abierta más que nunca al Mediterráneo, será el marco ideal para ese encuentro en un momento de particular importancia para la protección radiológica, ya que el desarrollo de la Directiva Comunitaria 96/29 sobre la protección sanitaria de los trabajadores y de la población estará en esas fechas en una fase decisiva.

**COMITÉ ORGANIZADOR**

Comisión Permanente:	Presidente:	M. Ribas		
	Vice-Presidente:	X. Ortega		
	Secretario:	J. Gultresa		
	Tesorero:	G. Rubio		
Vocales:	C. Baixeras	V. Ciani (UE)	J. Llevot	
	J. Baró	V. Klamert (AIRP)	J. Menéndez	
	E. Batalla	J. Lombard (SFRP)	C. Sáez	
	J. Cánovas	M. C. Lizuaín	L. M. Tobajas	
	A. Castel			

**INFORMACIÓN GENERAL**

FECHAS	Del 27 al 29 de mayo de 1998, en Barcelona
SEDE	Palau de Congressos de Barcelona Av. Reina María Cristina, s/n E-08004 Barcelona
EXPOSICIÓN COMERCIAL	Durante el Congreso se celebrará una exposición técnica y comercial de productos y equipos relacionados con la Protección Radiológica.
IDIOMA	Los idiomas oficiales serán el español, el francés y el italiano. Habrá traducción simultánea.
PROGRAMA SOCIAL	Se ofrecerá un programa social muy atractivo, tanto para los congresistas como para sus acompañantes.
ALOJAMIENTO	La Secretaría del Congreso ha reservado habitaciones en hoteles de distintas categorías y precios, próximos a la sede del Congreso.
SEGUNDO ANUNCIO	El Segundo Anuncio se enviará a todos los miembros de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Société Française de Radioprotection y Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni

**FECHAS IMPORTANTES (PROVISIONALES)**

Junio-Julio de 1997	Fecha de envío del Segundo Anuncio, Formulario de Resúmenes y Formulario de Inscripción y Reserva de Hotel
Noviembre de 1997	Fecha límite para la recepción de Resúmenes

## RESULTADOS DEL IV PROGRAMA MARCO DE LA U.E. RELATIVOS AL PROGRAMA ESPECÍFICO DE SEGURIDAD DE LA FISIÓN NUCLEAR

**E**l programa específico de investigación y enseñanza en el campo de la seguridad de la fisión nuclear fue aprobado por decisión del Consejo de la U.E. el 15-12-94 e incluye las siguientes áreas de actividad, con la financiación asignada que se indica:

A. Exploración de soluciones innovadoras .....	7.670 KECU
B. Seguridad de reactores .....	9.225 KECU
C. Gestión y eliminación de residuos radiactivos y cierre de instalaciones nucleares .....	36.610 KECU
D. Impacto de las radiaciones sobre el hombre y el medio ambiente .....	45.116 KECU

E. Superación de los acontecimientos del pasado ..... 11.164 KECU

La financiación comunitaria asignada al Programa, en proyectos de coste compartido y acciones concertadas, asciende, por tanto, a un total aproximado de 130 MECU, restando aún por asignar 2,5 MECU a acciones concertadas, con plazo de solicitud hasta noviembre de 1997. La financiación asignada a becas, actividades de formación, subvenciones y costes de evaluación asciende a 3,2 MECU.

El número de propuestas aceptadas para ejecución, todas ellas de carácter multinacional, ha sido de 193. El número de propuestas aceptadas que incluyen participación española asciende a 67, lo que significa una participación en el

34,7% de las propuestas aprobadas. La siguiente tabla muestra la distribución por áreas, tanto global como en lo que a participación española se refiere, con indicación del porcentaje que supone en cada caso.

Area Actividad	Propuestas Aceptadas	Participación Española
A	14	2 (14,3%)
B	40	17 (42,5%)
C	50	26 (52,0%)
D	70	19 (27,1%)
E	19	3 (15,8%)
<b>TOTAL</b>	<b>193</b>	<b>67 (34,7%)</b>

La financiación total obtenida por organizaciones españolas ha supuesto aproximadamente 8,5 MECU, es decir, un 6,6% de la financiación global del programa.

## ANTONIO COLINO, NUEVO PRESIDENTE DE ENRESA



**A**ntonio Colino, 50 años, es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de

Madrid, así como Electrical Nuclear Power Engineer por la Universidad de

UCLA (EE.UU.), y ha realizado cursos de diplomatura en Dirección General de Empresas y de especialización en Tecnología Energética en universidades nacionales e internacionales.

Obtuvo el Premio Sociedad Nuclear Española en 1985 por su trabajo realizado en colaboración, titulado "Análisis del coste de generación del kWh", y ha

publicado distintos estudios y artículos relacionados con temas energéticos y económicos. También ha participado en grupos de trabajo nacionales e internacionales y ha sido profesor de los cursos del Organismo Internacional de la Energía Atómica de la ONU.

De 1972 a 1975 trabajó en los departamentos de Ingeniería, Progra-

mación y Control de Costes, Garantía de Calidad y Puesta en Marcha, en proyectos de centrales nucleares y carbón para generación de energía eléctrica de la Compañía Bechtel Power Corporation, en Los Angeles (EE.UU.) y en Madrid.

A continuación desempeñó su actividad en ENHER (Grupo ENDESA), donde fue destinado al proyecto de la central

nuclear de Vandellós desde su comienzo, ocupando los cargos de Programación y Control de Costes (Barcelona), así como de Ingeniero Residente en Madrid y Pittsburgh (EE.UU.).

Desde 1988 ha desarrollado su actividad profesional en ENDESA, coordinando la información económica de las centrales nucleares de la empresa, con la de otras compañías y organismos

nacionales e internacionales. Hasta el año 1995 desempeñó el cargo de Director de los Proyectos de Centrales Nucleares Avanzadas.

Desde 1995 es el representante del grupo SEPI en la Alianza SEPI-BRITISH ENERGY-WESTINGHOUSE y, en diciembre de 1996, fue nombrado Presidente de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA).

## ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO SOBRE LEUCEMIAS INFANTILES EN LA HAGUE

**E**n relación con las noticias aparecidas en diversos medios de comunicación referentes a un estudio epidemiológico relativo a la aparición de unos casos de leucemia infantil cerca de la fábrica de reprocesamiento de combustible de La Hague en Normandía, Francia, la Sociedad Española de Protección Radiológica ha preparado la siguiente nota:

- El estudio epidemiológico llevado a cabo utiliza la metodología "Casos-Control". Este método consiste en seleccionar unos individuos (en este caso menores de 25 años) con la enfermedad de interés -los casos- y otros sin ella -los controles-, y se compara en ambos grupos la frecuencia de exposición a cada uno de los potenciales agentes que determinan o pueden ser causa de la

enfermedad, es decir todos los factores físicos, biológicos, sociales, culturales y de comportamiento que influyen en la salud y que pueden, por tanto, tener relación con el origen de la patología analizada.

Si la exposición a alguno de estos agentes es mayor en los casos que en los controles, la enfermedad y ese potencial agente están relacionados. Esta metodología es adecuada cuando la enfermedad es infrecuente, como es este caso de las leucemias infantiles.

El estudio se inicia seleccionando a sujetos enfermos a partir de registros de dicha enfermedad (*los casos*) y a individuos libres de la misma (*los controles*) de características semejantes a los primeros.

Estos estudios son siempre retrospectivos y en ellos la información recogida suele tener menos calidad que en otros tipos de estudios porque se aprovecha la información recogida en el pasado por personas diferentes a los investigadores con objetivos distintos a los del estudio actual. También es frecuente que no se disponga de información sobre otras posibles causas de la enfermedad diferentes a las ahora analizadas, con lo que puede darse el caso de un desequilibrio entre los dos grupos de comparación y por tanto estos estudios son susceptibles a todo tipo de sesgos.

- El estudio se centra en 27 casos de leucemia infantil diagnosticados entre menores de 25 años entre 1978 y 1993 en un radio de 35 Km. de La Hague, fábrica de reprocesa-



miento de combustible nuclear gastado situada en Normandía, Francia. La Hague es una de las tres fábricas de combustible gastado que existen en el mundo y que operan a escala industrial. Las otras dos están en Sellafiel (Inglaterra) y Dounreay (Escocia). Una cuarta fábrica de pequeña escala opera en Marcoule (Francia).

Para cada caso se utilizaron 9 ó 10 controles de las mismas características que aquel (edad, sexo, lugar de nacimiento, lugar de residencia en la fecha del diagnóstico de la enfermedad). En total se analizaron 192 controles, de los cuales finalmente sólo 173 se utilizaron en el estudio.

- El artículo, publicado en el *British Medical Journal*, volumen 314 de 11 de Enero de 1997, es el tercer artículo de los autores sobre la incidencia de leucemia en la zona de La Hague. Los dos artículos anteriores son estudios descriptivos de la distribución geográfica de la tasa de incidencia de leucemia alrededor de La Hague. En el artículo precedente de 1995, los autores sugieren un exceso de leucemia (riesgo multiplicado por 2.8) en el cantón de Beaumont-La Hague, el más cercano al emplazamiento, exceso que sólo reposaba en 4 casos observados y no aparecía ninguna tendencia con la distancia (exceso aislado).

Este caso, como otros, puede ser un ejemplo de los análisis basados únicamente en *clusters* (grupo de

casos de la enfermedad, asociados a una zona geográfica, de tamaño suficiente como para que el azar no pueda considerarse como la única causa de su aparición) que se han demostrado en la mayoría de las veces ineficaces a la hora de identificar las causas de la enfermedad, pero que sí han servido para llamar la atención del público sobre posibles fuentes de riesgo medioambiental.

En ese mismo artículo se analizaban 25 casos de leucemia sobre una población de 60.000 jóvenes de menos de 25 años durante un período de 15 años, en el que las estadísticas nacionales hacían esperar 22,8 casos.

- La conclusión principal de este nuevo estudio es que *"existe alguna evidencia convincente de una relación causal entre la leucemia infantil y la exposición a la radiación ambiente por actividades de recreo en las playas"* pero tal conclusión no se desprende de forma clara de los resultados, y no se encuentra ninguna relación con la exposición de los padres a las radiaciones ionizantes. Los autores observan, en efecto, una relación significativa con la frecuencia de estancias en las playas, pero la relación entre esta frecuencia y la exposición ambiental a la radiactividad por vía marina no es más que una hipótesis sin fundamento. Otras tales como la exposición a otro tipo

de contaminantes ambientales (toxinas, pesticidas) son igualmente posibles y no han sido consideradas. Las medidas dosimétricas efectuadas regularmente en las playas y los pescados y mariscos por diferentes organismos (COGEMA, IPSN, OPRI, grupos ecologistas) no han revelado nunca valores altos que pudieran justificar la asociación a que hacen referencia los autores.

- El estudio parece mostrar un riesgo de leucemia en niños y adolescentes mayor con la estancia en playas de sus madres durante el embarazo y de ellos mismos durante su infancia. El riesgo relativo para estancias en playa durante el embarazo era de 4,49 (para un intervalo de confianza (IC) del 95% entre 1,52 a 15,23) y para estancias durante la infancia de 2,87 (IC del 95%:1,05 a 8,72), ambos casos para períodos de permanencia en las playas superiores a un mes.

El estudio también parece indicar un exceso de leucemia con el consumo de pescado y marisco locales durante la infancia. El riesgo relativo cuando el consumo era mayor de una vez por semana en comparación con menos de una vez por semana era de 2,66 (IC del 95%:0,91 a 9,51).

También el estudio muestra exceso significativo del riesgo relativo, 1,18 (95%:1,03 a 1,42) por cada año que los niños residían en casas de granito.

- El estudio apunta como principal conclusión que algunos *factores relacionados con el tipo de vida llevado a cabo, están asociados con el desarrollo de la leucemia entre los jóvenes* y sugiere como causa la *contaminación radiactiva a través de una vía ambiental*. Es decir, el estudio se basa en el análisis de modos y tipos de vida de muy difícil cuantificación, en vez de realizar una evaluación de la dosis ambiental de radiación.

Tales evaluaciones ambientales han sido llevadas a cabo en Francia por varias organizaciones y la dosis evaluadas han sido una fracción pequeña del fondo natural de radiación.

En el Reino Unido este mismo hecho ha sido analizado en un extenso estudio llevado a cabo por COMARE (Comité sobre Aspectos médicos de la radiación en el Medio Ambiente del Reino Unido) y realizado por el NRPB (National Radiological Protection Board) alrededor de la planta de reprocesamiento de combustible nuclear de Sellafield en Cumbria, localidad en la que también se ha encontrado un aumento de la incidencia de leucemia infantil. COMARE ha concluido que la radiación ambiental del emplazamiento no puede ser la causa del exceso encontrado, conclusión basada en una revisión exhaustiva de todas las posibles vías de exposición a la radiación,

tanto ambientales como ocupacionales. Las dosis encontradas eran muy pequeñas en comparación con el fondo radiactivo natural. COMARE sugiere un origen infeccioso para este exceso.

- El estudio puede estar sujeto a los problemas comunes en este tipo de análisis retrospectivos en los que la información recogida se basa en los recuerdos de sucesos pasados por parte de las personas entrevistadas. En algunos casos ha sido necesario que las madres recordaran detalles de sucesos que sucedieron 40 años antes. Es claro que esta metodología necesita una interpretación muy cuidadosa de las variables cuantitativas utilizadas, como por ejemplo el tiempo pasado en las playas. La posibilidad de introducción de sesgos al recordar sucesos pasados puede agravarse puesto que es bastante más probable que los padres de los casos recuerden mejor el pasado que los de los controles.
- En el artículo precedente de 1995 los autores suponían una relación entre el riesgo de leucemia y la distancia al emplazamiento de La Hague. El estudio de casos-contróles de 1997 tenía la oportunidad de verificar esta hipótesis pero este punto no ha sido abordado. En cualquier caso, los autores han ido cambiando sus conclusiones en los tres artículos publicados, lo que no es una buena prueba de consisten-

cia en ellas: No exceso en 1993, exceso en el radio de 5 Km. y una posible exposición aérea en 1995 y evidencia de una exposición marina en 1997.

- OPRI, la agencia gubernamental francesa de protección radiológica ha calificado el estudio de *"no plausible y científicamente infundado"*.

Esta agencia vigila de forma regular la influencia sobre el medio ambiente local de las emisiones radiactivas de La Hague. Se han llevado a cabo miles de medidas durante muchos años de los niveles de radiación de fondo en el área y de la radiactividad en pescados y mariscos de la zona. Estas medidas son publicadas mensualmente y son evaluadas por la Comunidad Europea. Los resultados de estas medidas indican que toda la radiación *artificial* atribuible al complejo de La Hague no supone más que un 3% de los niveles de la radiactividad natural, aún utilizando las hipótesis más extremas. Por lo tanto cualquier asociación entre la leucemia infantil y la exposición a la radiación de los efluentes radiactivos de La Hague carece de toda credibilidad.

- La Ministra de Medio Ambiente y el Secretario de Estado para la Salud y Seguridad Social de Francia han establecido un Comité Científico para la realización de un nuevo



estudio epidemiológico completo sobre las leucemias en el norte de Francia (Nord Contentin). El comité, presidido por el Decano de la Facultad de Farmacia, estará formado por representantes del INSERM, del CNRS, del IPSN, dos epidemiólogos extranjeros, el profesor Viel, y dos médicos de prestigio. A su término se presentarán resultados con una mejor validez estadística que los del presente estudio. Se espera que en Junio del presente año se tengan los primeros resultados.

#### FUENTES

Case-control study of leukaemia among young people near La Hague nuclear reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited.

Dominique Pobel, Jean-Francois Viel  
British Medical Journal, Vol. 314, 11 de Enero de 1997.

Comunicaciones proporcionadas por la Sociedad Francesa de protección Radiológica (SFR) sobre el estudio de:

- Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) de Francia.

Departement de Protection de la Santé de l'Homme et de Dosimetrie (Service d'Evaluation et de Gestion des Risques)

- National Radiological Protection Board del Reino Unido

Nucnet. Reseña del comunicado sobre el tema de L'Office de Protection contre les Rayonnements Ionizants (OPRI) de Francia.

## INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN SOBRE LAS NORMAS EUROPEAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 3.ª Conferencia de la UE sobre Protección de la Salud en la Era Nuclear. 26-27 noviembre 1996. Luxemburgo

Con el objetivo de informar a la población sobre la nueva Directiva 96/29/EURATOM sobre Normas Básicas de Seguridad, piedra angular de la política de radioprotección de la Unión Europea y que refleja en gran medida las recomendaciones más recientes de la ICRP-60, se organizó en Luxemburgo, los días 26 y 27 de noviembre, la 3.ª Conferencia Internacional de la UE sobre Protección de la Salud en la Era Nuclear.

Participaron más de 180 personas de todos los países miembros de la Unión Europea (periodistas, técnicos, políticos,

sindicalistas, expertos, etc.), entre ellos 12 españoles.

Los oradores invitados hicieron una introducción a los primeros 100 años de radioprotección (Bo Lindell, ex Presidente de la ICRP, Director del Instituto Sueco de Protección Radiológica), presentaron los antecedentes científicos y filosóficos del nuevo enfoque de la ICRP en esta materia (Roger Clarke, Presidente de la ICRP y Director de la NRPB, Reino Unido), enunciaron los cambios más significativos en la nueva Directiva de Normas Básicas de Seguridad (Annie Sugier, miembro de la ICRP y Directora de Radioprotección del IPSN, Francia) y abordaron el tema de la Exposición a las fuentes de radiación (Alexander Kaul, ex Presidente ICRP e IRPA y Director de la Bundesamt für Strahlenschutz, Alemania).

Diferentes representantes de organizaciones europeas dieron a conocer sus reacciones al respecto (Zerbib, representando a los sindicatos europeos, y Rue, representando a las organizaciones medioambientales europeas).

Hubo un animado debate entre los expertos y los asistentes, entre los que cabe destacar las oposiciones críticas, tanto hacia la ICRP como hacia la UE, por parte de parlamentarios europeos pertenecientes a partidos verdes.

Se recogieron más de 100 preguntas escritas en el Debate de Expertos que se realizó en la Mesa Redonda organizada para tal fin y moderada por K. Ulbak (Bélgica). Se trataron los siguientes temas:



1. Exposiciones médicas (Leopoldo Arranz, España).
2. Radiactividad natural (I. Mc Auley, Irlanda).
3. Exposiciones profesionales y generales (Alexander Kaul, Alemania).
4. Contaminación de productos alimenticios (Antonio Susana, Italia).

5. Medidas de emergencia (H. Aaltonen, Finlandia).
6. Recepción y comunicación del riesgo (B.M. Drotz - Sjöberg, Suecia).
7. Educación y formación (J. Draijer, Holanda).

La Conferencia logró su objetivo de fomentar la comunicación entre los

expertos y los asistentes, por lo que fue un éxito, dado que para informar sobre las cuestiones tratadas y lograr una comprensión lo más amplia posible es necesario transmitir la información por los canales públicos ya existentes (medios de comunicación, servicios informativos de organizaciones sociales y autoridades, instituciones educativas, etc.).

## REUNIÓN PROPICIADA POR LA AGENCIA DE LA ENERGÍA NUCLEAR SOBRE LA REGULACIÓN DE LA SEGURIDAD A LARGO PLAZO DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS RADIATIVOS

Con el auspicio de la AEN/OCDE y el patrocinio del Consejo de Seguridad Nuclear y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (CSN y ENRESA) se celebró en Córdoba, del 20 al 23 de enero, esta reunión internacional, que ha hecho posible una interesante discusión entre responsables de implantar la gestión de residuos radiactivos y responsables de las regulaciones para una adecuada seguridad.

A la reunión asistieron destacadas per-

sonalidades de los países miembros de la Agencia, quienes expusieron sus aproximaciones reguladoras y las diferencias existentes entre los países. En particular se ha hecho notar que existe una base común para el largo plazo con el objetivo principal de asegurar, en el futuro, al menos el mismo nivel de protección que es aceptable hoy día. También es de resaltar que el nivel requerido para demostrar la seguridad a largo plazo es motivo de discusión debido a las inevitables incertidumbres con respecto al futuro.

El workshop, sin duda, marcará un hito al promover un más profundo conocimiento de los aspectos considerados claves para el largo plazo. Entre otros, es de destacar la identificación de los problemas que requieren esfuerzos adicionales y la comparación de los requerimientos reguladores con los posibles alcances y profundidad de las evaluaciones, así como la participación del público en el proceso de toma de decisiones.

### • FLASHES INFORMATIVOS •

#### ■ R.D. de Especialista en Radiofísica

El pasado día 1 de marzo se publicó en el Boletín Oficial del Estado el Real Decreto 220/1997, de 14 de febrero, por el que se crea y regula la obtención del título oficial de Especialista en Radiofísica.

### • FLASHES INFORMATIVOS •

#### ■ Reconocimiento a la profesionalidad

Durante la 22ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española fueron concedidas tres Placas a los Jefes de Protección Radiológica: Juan Sala Balust, Ildefonso Irún Revest y Francisco Mier del Castillo, en reconocimiento a su profesionalidad.



## ANUNCIO DE VACANTE EN EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

Se espera recibir solicitudes de candidatos debidamente cualificados, sin distinción de sexo.

<b>Título y grado del puesto</b> Físico médico especializado en radiaciones P-3	<b>Anuncio de vacante Núm.</b> 97/001 <b>Fecha</b> 15 de enero de 1997 <b>Se pueden presentar solicitudes hasta el</b> 15 de mayo de 1997 <b>El candidato debe entrar en funciones el</b> lo antes posible
<b>Dependencia orgánica</b> Sección de dosimetría División de Sanidad Humana Departamento de Investigaciones e Isótopos	<b>Lugar de destino</b> Viena <b>Tipo de contrato</b> duración fija <b>Duración del contrato</b> tres años <b>Código CCGO</b> 1.J.06.f
<b>FUNCIONES</b> <p><b>En general</b></p> <p>Bajo la supervisión del Jefe de la Sección de Dosimetría, encargarse de la normalización de las mediciones efectuadas con equipo y fuentes de braquiterapia y de su difusión a los miembros de la Red OIEA/OMS de Laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD) en los Estados Miembros. El titular del puesto debe igualmente prestar apoyo a las mediciones y análisis de los resultados en el marco del servicio postal de dosimetría por termoluminiscencia (DTL) del OIEA/OMS para verificaciones de la calidad de dosis en las instituciones de radioterapia y para proyectos de investigación y de cooperación técnica en la esfera de la dosimetría y la física médica de las radiaciones.</p> <p><b>En particular</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Participar en la elaboración y aplicación de procedimientos de laboratorio para mediciones con equipo y fuentes de braquiterapia en el laboratorio de dosimetría del Organismo y efectuar calibraciones del equipo de braquiterapia a petición de los LSCD en los Estados Miembros. Esta tarea supone la participación activa en el programa de garantía de calidad del Laboratorio de Dosimetría del Organismo;</li> <li>– Participar en el programa de garantía de dosis del Organismo utilizando el servicio postal de dosimetría por termoluminiscencia (DTL) del OIEA/OMS, incluida su ampliación a fin de abarcar verificaciones de la calidad en la esfera de la braquiterapia y la protección radiológica. Esta tarea supone la participación activa en mediciones y procedimientos de DTL y en la capacitación de becarios en el Laboratorio de Dosimetría del Organismo en técnicas DTL;</li> <li>– Ayudar a organizar reuniones de consultores, cursos de capacitación y seminarios, y editar publicaciones en la esfera de la braquiterapia y la física médica de las radiaciones;</li> <li>– Desempeñarse como oficial técnico de los contratos de investigación patrocinados por el Organismo en la esfera de la dosimetría y la física médica de las radiaciones;</li> <li>– Desempeñarse como oficial técnico de los proyectos de cooperación técnica en los Estados Miembros en desarrollo;</li> <li>– Realizar estudios de publicaciones relativas a mediciones con fines de normalización y programas de control de calidad en braquiterapia, protección radiológica, diagnóstico por rayos X y dosimetría con fines de radioterapia externa;</li> <li>– Preparar informes científicos, manuales y otros documentos relacionados con las esferas de la dosimetría en braquiterapia y la física médica de las radiaciones;</li> <li>– Prestar apoyo a la capacitación de becarios en técnicas de calibración distintas de la braquiterapia y la DTL en el Laboratorio de Dosimetría del Organismo.</li> </ul>	

## CUALIFICACIONES

### Esenciales

Título universitario (a nivel de licenciatura en ciencias) en física médica de las radiaciones o ingeniería, y seis años, como mínimo, de experiencia práctica documentada en física de las radiaciones en hospitales, incluida la braquiterapia, y experiencia en mediciones con cámara de ionización y de DTL; experiencia en la adquisición de equipo de radioterapia y física médica de las radiaciones; experiencia en el empleo de computadoras (el candidato debe indicar el tipo de soporte lógico y soporte físico) para la evaluación estadística de datos, gráficos y bases de datos científicos y tratamiento de textos; experiencia en investigaciones en las esferas arriba indicadas, con publicaciones examinadas por homólogos en revistas editadas en inglés; capacidad para la gestión técnica de trámites administrativos.

### Deseables

Doctorado en física médica de las radiaciones, experiencia en la dosimetría de rayos X con fines de diagnóstico; buenos conocimientos de metrología de la dosimetría de las radiaciones; experiencia docente y estar familiarizado con problemas específicos de los países en desarrollo; experiencia a nivel internacional.

### Idiomas

Es esencial dominar el español, el francés, el inglés o el ruso. Es fundamental poseer un excelente dominio del inglés escrito y oral.

La remuneración que se indica es anual y está calculada en dólares de los Estados Unidos; se considera que está exenta del impuesto nacional sobre la renta.

<u>Tasa aplicable</u>	<u>Sueldo básico neto</u>	+	<u>Ajuste por lugar de destino</u>
Funcionarios sin personas a cargo	\$ 38 291,00		\$ 24 698,00
Funcionarios con personas a cargo	\$ 40 997,00		\$ 26 443,00

El ajuste por lugar de destino es variable y está sujeto a modificaciones sin previo aviso.

Los candidatos deben tener en cuenta que los funcionarios del Organismo Internacional de Energía Atómica son funcionarios públicos internacionales y que, como tales, no pueden solicitar ni recibir instrucciones en cuanto al desempeño de sus funciones de ningún Gobierno u otra autoridad ajena al Organismo. Los funcionarios están bajo la autoridad del Director General y se les puede destinar a cualquier lugar de trabajo, sea al recibir el contrato, sea durante el mismo.

Los nombramientos están sujetos al respaldo de los gobiernos y a un informe médico satisfactorio. Se ruega a los candidatos que faciliten al Organismo, o que autoricen a éste a solicitar, toda la información relativa a sus aptitudes para trabajar en el Organismo.

El Organismo se reserva el derecho de no cubrir esta vacante, de cubrirla a un grado inferior o de cubrirla después de haber modificado la descripción del puesto.

Los candidatos deben INDICAR SU NACIONALIDAD y MENCIONAR EL NUMERO DEL ANUNCIO DE VACANTE, y deben dirigir las solicitudes a la División de Personal del Organismo Internacional de Energía Atómica, Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria. Los resultados se comunicarán a los candidatos aproximadamente dos meses después de haberse cerrado el plazo para la presentación de las solicitudes. Los candidatos internos deben presentar un Currículum Vitae o un formulario de antecedentes personales y profesionales detallado.



## RADIOPROTECCIÓN EN AMÉRICA LATINA

**Gracias a la Sociedad Española de Protección Radiológica por permitirnos este espacio para brindar información acerca de las actividades que se desarrollan en América Latina.**

### ACTIVIDADES DEL PROYECTO ARCAL XVII

Desde 1994 y bajo los auspicios del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) se estuvo desarrollando el Proyecto ARCAL XVII (Estructura Normativa y organización Regulatoria) cuyo objetivo fue promover la adopción de normas de protección radiológica en base a las recientes Recomendaciones de la ICRP y Normas Básicas de Seguridad y además promover el desarrollo de infraestructuras regulatorias. En este proyecto participaron 16 países de la región latinoamericana y del Caribe, y las recientes actividades que se han desarrollado son los siguientes:

- II Taller Nacional sobre Seguridad Nuclear y Radiológica, celebrado en La Habana, Cuba, los días 5 y 6 de noviembre de 1996, en donde fueron expuestos 77 trabajos en forma oral y como poster, y se realizaron 2 mesas redondas, una sobre cultura de Seguridad y la otra sobre los resultados clínico-

dosimétricos obtenidos en Cuba de los estudios realizados en niños procedentes de regiones afectadas por el accidente de Chernobil.

Asistieron al Taller 138 delegados, de los cuales 25 eran extranjeros de 12 países: Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador, España, Guatemala, México, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Las Secciones del taller trataron diversos temas tales como: Protección Radiológica pública, médica y ambiental, Seguridad en Centrales Nucleares, Actividad Reguladora, Información al público, Emergencias, etc.

- Reunión Final del Proyecto ARCAL XVII, realizada en La Paz, Bolivia, del 2 al 6 de diciembre de 1996, con la asistencia de los 16 Coordinadores del proyecto: Horacio García (Argentina), Alberto Miranda (Bolivia), Anna María Campos de Araujo (Brasil), Luis Frangini (Chile), Héctor Pérez (Colombia), Ronald Pacheco (Costa Rica), José Quevedo (Cuba), Fabiola Falconi (Ecuador), Mirza Gómez (Guatemala), Raúl Ortiz Magaña (México), Enrique Scotland (Panamá), Luis More (Paraguay), Eduardo Medina Gironzini (Perú), Gino Valconi (República Dominicana), Alejandro

San Pedro (Uruguay) y José Antonio Lozada (Venezuela). Además estuvieron los Sres. Franz Flakus y Jorge Morales, del OIEA.

En esta reunión se analizó el cumplimiento de los objetivos y de las actividades desarrolladas en los 3 años que duró el proyecto (1994-1996), concluyéndose en un saldo favorable pues casi el 70% de los países ya cuentan prácticamente con nuevas reglamentaciones que incorporan las recientes recomendaciones internacionales en protección radiológica, las cuales a su vez han originado un reforzamiento de las autoridades reguladoras. Se destaca la realización de las siguientes actividades: Reunión de Expertos (Montevideo, 1994 y 1995) y Taller sobre Implementación de las Recomendaciones del ICRP-60 y Normas Básicas de Seguridad (Cusco, 1995), III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear (Cusco, 1995), Boletín ARCAL "Protección Radiológica" (editado por Perú con auspicio de la Organización Panamericana de la Salud desde 1991 y distribuido a más de 40 países de forma gratuita), Elaboración del Reglamento genérico de protección radiológica (México, 1996), Edición del libro "Protección Radiológica en América Latina y el Caribe (Lima, 1996), Reunión de Intercambio de experiencias regulatorias en reactores de investigación (Bogotá, 1996) y la

Actualización de la base de datos sobre Criterios Regulatorios de la región, coordinado por Perú.

En esta reunión se establecieron algunas recomendaciones para el OIEA y para todos los países de la región.

Cabe mencionar que el próximo año se iniciará un nuevo proyecto denominado ARCAL XX: Control de Fuentes de Radiación, que es una continuación de este proyecto que ha culminado.

## ACTIVIDADES EN LA REGIÓN

1. Curso Regional de Capacitación sobre Notificación, Registro, Concesión de Licencias y Control de Fuentes de Radiación, celebrado en La Habana, Cuba, del 7 de octubre al 1 de noviembre de 1996, con la finalidad de impartir capacitación y orientación para la organización y ejecución de programas prácticos de reglamentación y control de las fuentes de radiación en la región así como facilitar el intercambio de información y experiencias.

A este evento asistieron participantes de Argentina (1), Brasil (3), Colombia (2), Costa Rica (1), Cuba (5), Chile (1), Ecuador (1), Guatemala (1), México (2), Nicaragua (1), Panamá (2), Paraguay (1), Perú (1) y Venezuela (2).

Los profesores fueron profesionales del Centro Nacional de Seguridad Nuclear y del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones de Cuba y del OIEA.

2. Creación de la Sección de Protección Radiológica en Cuba, la cual forma parte de la Sociedad Cubana de Física. Este acontecimiento se efectuó con ocasión de la realización del Taller Nacional de Seguridad Nuclear y Radiológica (5 y 6 noviembre) contando con la presencia de David Cancio, miembro del Consejo Ejecutivo de la IRPA.

El Consejo Directivo de esta Sección está integrado por:

- Luis Jova Sed, Vicepresidente de la Sociedad Cubana de Física y a cargo de la Sección de PR.
- Juan Cárdenas Herrera, Secretario.
- Isis María Fernández Gómez, Vocal.
- José Rodolfo Quevedo García, Vocal.
- Manuel Ferriol Echevarría, Vocal.

Desde ya auguramos éxitos en la gestión de esta naciente asociación que se incorpora a la familia iberoamericana de protección radiológica.

3. Libro sobre Protección Radiológica

en América Latina y el Caribe, el cual contiene 224 trabajos del III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear realizado en el Cusco. Los 2 tomos con 1200 páginas están siendo distribuidos por el coordinador del Proyecto ARCAL XVII de Perú.

4. Creación de nuevas Sociedades de Protección Radiológica. En la Reunión de ARCAL XVII (La Paz), se tuvo oportunidad de intercambiar ideas con representantes de la región sobre la formación de nuevas sociedades en Latinoamérica y se prevé que en los próximos meses ya estarán conformándose sociedades en Panamá, República Dominicana y Paraguay, aunque también existe la inquietud en otros países.

### **Eduardo Medina Gironzini**

*Presidente de la Sociedad Peruana de Radioprotección y miembro del Consejo Directivo de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC).*

*Coordinador del Grupo Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica.*

Casilla 18-0260 Lima, Perú

Fax: 51-1-4705167

E-mail: congres@ciplim.org.pe

Como ya se adelantó en el nº 12 de la revista, el Servicio de Publicaciones quiere facilitar la posibilidad de acceder a documentos y textos, que a veces no son fáciles de obtener, bien mediante la información sobre los puntos de venta y, cuando sea posible la reproducción, mediante el envío directo del material fotocopiado. Las personas interesadas en esta última opción podéis realizar vuestra solicitud rellenando el cupón adjunto a:

**Secretaría de la Sociedad Española de Protección Radiológica**  
**Apolonio Morales, 27**  
**28036 Madrid**

El importe corresponde al gasto de fotocopias más los gastos de encuadernación y envío, y el pago se realizará mediante talón a nombre de la Sociedad Española de Protección Radiológica, que se adjuntará con el cupón de solicitud.

#### RELACIÓN DE TEXTOS

— *Cursos de refresco del Congreso IRPA-9* (abril 1996)

Gracias a la colaboración del Dr. Duftschmid, Presidente de la IRPA, quien nos ha permitido su reproducción, podemos ofrecer los cursos de refresco impartidos en el Congreso IRPA-9, y cuya relación se adjunta.

- *European Protocol on Dosimetry in Mammography* (\*). European Commission. **Ref. EP.1.** (1.000 ptas.)
- *European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening* (\*). European Commission. **Ref. EP.2.** (1.000 ptas.)
- *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images* (\*). European Commission. **Ref. EP.3.** (1.000 ptas.)
- *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics* (\*). European Commission. **Ref. EP.4.** (1.000 ptas.)

(\* *Punto de Venta: Mundi Prensa Libros, S.A.*  
 Castelló, 37. 28001 Madrid  
 Consell de Cent, 391. 08009 Barcelona  
**Boletín Oficial del Estado.** Trafalgar, 27-29. 28010 Madrid  
**Librería de la Generalitat de Catalunya.**  
 Rambla dels Estudis, 118, Palau Moja. 08002 Barcelona

#### RELACIÓN DE CURSOS DE REFRESCO IRPA-9, ABRIL 1996

			Plas.
R-01	F. Steinhäusler, P. Kotrappa	Radon	1.000
R-02	B. F. Wall	How to assess the dose to the patient in diagnostic radiology	1.000
R-03	F. X. Massé	How to train and educate the worker in radiation protection	1.000
R-04	David H. Sliney	How to achieve safety when handling Lasers	1.000
R-05	Frantisek Spurny	How large is the exposure in Aircrafts and Space Vehicles?	1.000
R-06	G. J. Köteles	Biological Dosimetry	1.000
R-07	R. Matthes	RF and Microwave Measurement	1.000
R-08	Dr. C. Lefauve	How to apply optimisation in radiation protection	1.500
R-09	Hansruedi Völkle	Environmental Measurements	1.000
R-10	Joel O. Lubenau	Safety Considerations for Radionuclide Sources in Industry	1.000
R-11	Prof. Glenn F. Knoll	Recent Developments in Radiation Detectors	1.000
R-12	G. Dietze	Dosimetric Concepts and Quantities in Radiation Protection	1.000
	Joseph C. McDonald	Calibration Procedures for Radiation Protection	1.000
R-13	Graham R. Stevenson	Shielding of Accelerator Facilities Part 1	1.000
	Ralph H. Thomas	and Part 2	1.000
R-14	J. Lombard	Transport of Radioactive Material	1.000
R-15	W. Alan Jennings T. O. Marshall	Personal Dosimetry, Part 1 Part II	1.000
R-16	E. Cardis	What is epidemiology?	1.000

## CUPÓN DE SOLICITUD

D./Dña. ....

Domicilio .....

Solicita le sean enviadas las fotocopias de los Cursos con las siguientes referencias .....

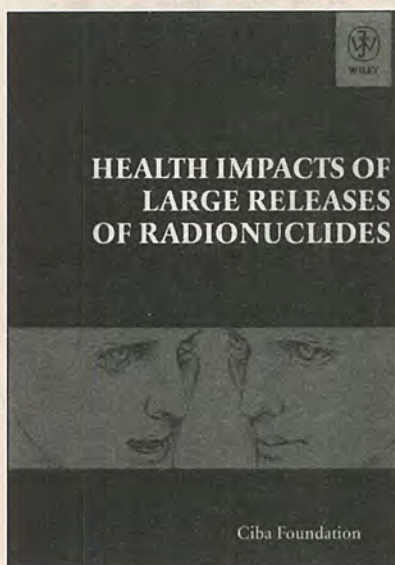
.....

Adjunto talón por ..... pesetas, a nombre de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Fecha y Firma

**Health Impacts of Large Releases of Radionuclides**

Chairman: Herwing Paretzke  
 Ciba Foundation Symposium 203 -  
 Publisher John Wiley and Sons, Ltd,  
 Baffins Lane - Chichester - West Sussex  
 PO19 1UD - United Kingdom (1997)



**E**n el presente siglo ha habido diversas emisiones en gran escala de radionucleidos al medio ambiente. Algunas de esas emisiones han sido consecuencia de accidentes y otras han sido planificadas voluntariamente. Para minimizar el riesgo a la salud humana resulta importante entender el modo en que esas sustancias son transportadas a través del medio ambiente terrestre y acuático y los modos en que pueden afectar a la salud humana. Este libro contiene contribuciones de radiocólogos destacados así como de especialistas sanitarios, los cuales discuten los avances en el conocimiento de los procesos de transferencia y de las vías de exposición del hombre a los radionucleidos. Se exponen los problemas y técnicas más modernas para

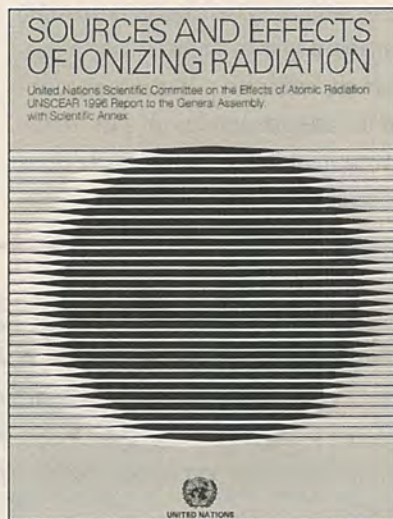
cuantificar de manera retrospectiva las dosis reales recibidas; el desarrollo temporal de los efectos de la exposición en relación con la estructura y función a nivel de tejido, órgano y organismo; los efectos genéticos sobre la reproducción, así como los efectos fetales.

En síntesis, el libro presenta una actualización sobre los efectos en la salud humana y sobre la transferencia de radionucleidos a través de las cadenas alimentarias del hombre, y cuenta con la participación de destacados científicos a nivel mundial.

**David Cancio**

**Sources and Effects of Ionizing Radiation**

UNSCEAR 1996. Report to the General Assembly with Scientific Annex  
 "Effects of Radiation on the Environment"  
 United Nations publication Sales N°  
 E.96.IX.3  
 ISBN 92.1-142219-1 (1996)



**D**urante los últimos años el Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones

Atómicas (UNSCEAR) ha efectuado una amplia revisión de las fuentes y los efectos de las radiaciones ionizantes. El resultado de ese trabajo ha sido publicado como UNSCEAR 1993 Report con nueve Anexos científicos, UNSCEAR 1994 Report con dos Anexos científicos y este UNSCEAR 1996 Report con un Anexo científico. El conjunto de las tres publicaciones constituye una serie titulada "Sources and Effects of Ionizing Radiation".

En este informe de 1996 se desarrolla el tema de los efectos de las radiaciones sobre plantas y animales en el medio ambiente. Estos efectos no habían sido analizados previamente por el UNSCEAR de forma directa.

La información que se resume incluye tanto datos experimentales como observaciones en medios naturales o contaminados y evaluaciones sobre los efectos biológicos de las radiaciones realizadas por el propio UNSCEAR.

Todos los organismos vivos se han desarrollado y viven en ambientes sujetos a fuentes naturales de radiación. El fondo radiactivo global debido a las explosiones nucleares ha agregado una pequeña proporción a este fondo radiactivo. Por otra parte han ocurrido incrementos en la exposición a la radiación, de naturaleza local o regional, debidos a emisiones al medio ambiente por la operación de instalaciones industriales, médicas o de defensa, así como por algunos accidentes. De manera general no han sido observados efectos sobre plantas o animales a excepción de los daños evidenciados después de la ocurrencia de accidentes severos.

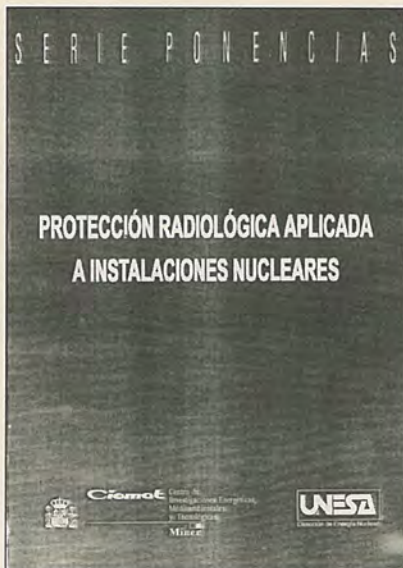
El informe recoge y analiza la información disponible y formula apreciaciones sobre las dosis que, recibidas por individuos y comunidades, podrían causar algún efecto. Para comunidades naturales de plantas y animales se concluye que tasas de dosis de 0.1 miligray por hora (alrededor de 1000 veces mayores que el fondo natural) a una parte pequeña de los individuos no tendrían ningún efecto detrimental a nivel de población.

El informe constituye un texto de referencia sobre los efectos de las radiaciones sobre plantas y animales en todos los sectores del medio ambiente.

**David Cancio**

### **Protección Radiológica Aplicada a Instalaciones Nucleares** (CIEMAT - UNESA)

La formación y la actualización de conocimientos de los trabajadores de las instalaciones nucleares españolas, así como de los trabajadores de empresas que prestan servicios en las mismas, siempre han sido consideradas como un factor primordial para garantizar su seguridad y para que el impacto radiológico, tanto en los trabajadores profe-



sionalmente expuestos como en el público en general, sea lo más bajo posible.

Partiendo de este principio, hace varios años el Grupo de Protección Radiológica de UNESA, formado por los Jefes de Protección Radiológica de las centrales nucleares españolas, consideró conveniente poner en marcha un Curso Avanzado en esta materia con el objetivo de proporcionar una adecuada actualización a los mandos intermedios de Protección Radiológica de las instalaciones nucleares y empresas de servicios.

Para alcanzar este objetivo se consideró la necesidad de contar con la colaboración de un organismo acreditado y con experiencia en la organización de este tipo de cursos como el Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT.

Este proyecto ha cristalizado en la impartición de este Curso Avanzado en los años 1995, 1996 y 1997. En estas ediciones del Curso han colaborado expertos del Consejo de Seguridad Nuclear, Universidad Politécnica de Madrid, Transnuclear y ENRESA, así como del CIEMAT y del Sector Eléctrico.

Esta experiencia ha puesto de manifiesto la ausencia en la bibliografía de un texto que recogiese todas las materias tratadas en el Curso. Por ello, se decidió hacer el esfuerzo de dar forma de texto a las lecciones del Curso a fin de que sirviera de libro de referencia en las futuras ediciones del mismo, y para permitir a otros profesionales de la Protección Radiológica el acceso a los conocimientos y prácticas presentados en aquél. El resultado ha sido la primera edición del presente volumen de la serie Ponencias de la Editorial CIEMAT que irá actualizándose acorde a los conocimientos que, sobre esta materia, existan en cada momento.

**Jerónimo Iñiguez**

## **FE DE ERRATAS**

En el artículo "Disposiciones sobre radiación natural incluidas en la nueva Directiva de Normas Básicas de Seguridad", de M. Markkanen y A. Janssens, de la Comisión Europea (Radioprotección, N° 13, Vol. IV, 1996, págs. 44-49), se ha incluido como Anexo el Título VII de la Directiva 96/29/Euratom. El artículo 42, referido a protección del personal de tripulación de aviones, ha sido publicado incompleto, debiendo agregarse al final del mismo el siguiente texto omitido:

- *informarán a los trabajadores de que se trate sobre los riesgos para la salud que entraña su trabajo.*
- *aplicarán el artículo 10 al personal femenino de tripulación aérea.*



## CONGRESOS Y REUNIONES

### • 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.

### • INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RADIOLOGICAL PROBLEMS WITH NATURAL RADIOACTIVITY IN THE NON-NUCLEAR INDUSTRY

Amsterdam, 8-10 Septiembre 1997.  
NV Kema. Mr. PCJ Vael. Tel. 31 26 356 24 76. Fax. 31 26 442 90 93.

### • 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

### • XXVI REUNION BIENAL DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA

Las Palmas de Gran Canaria, 29 Septiembre - 3 Octubre 1997.

Departamento de Física. Campus de Tafira. 35017 Las Palmas de Gran Canaria.  
Tel.: 928/454527.  
Fax: 928/454544.

### • 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

### • TRAINING WORKSHOP REFERENCE DOSES AND QUALITY IN MEDICAL IMAGING - WHAT THE REFERRING PRACTITIONER AND THE DIRECTING MEDICAL STAFF SHOULD KNOW

Luxembourg, 23 - 25 Octubre 1997.  
Prof. Dr. F.E. Stieve. Institute of Radiation Hygiene. Federal Office for Radiation Protection. Ingolstädter Landstraße 1. D-85764 Oberschleißheim / Neuherberg. Germany.  
Tel.: (49) 89-31603-260.  
Fax: (49) 89-31603-111.

## 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  
http://www.ciemat.es/

### PROGRAMACIÓN DEL 2º trimestre de 1997

15/01-10/12	Máster en Energía Nuclear
11/02-25/06	Gestión de residuos radiactivos
12/03	J.T. Análisis de fluctuaciones aplicado al mantenimiento predictivo
7/04-11/04	Protección radiológica para operar instalaciones de rayos X con fines diagnósticos
21/04-25/04	Espectrometría gamma aplicada a la problemática de las CCNN
28/04	SEMINARIO: Presente y futuro de la protección radiológica: Implicaciones de la nueva Directiva de la Unión Europea. Organizado conjuntamente por la SEPR, Ciemat y CSN.
12/05-14/05	Radiation Protection in Interventional Radiology. Organizado conjuntamente con la U.E., DG-XII (ERPET), UCM (Física Médica)
19/05-06/06	Curso de Adiestramiento para Operadores de Instalaciones Radiactivas.
26/05-30/05	Fusión Nuclear por confinamiento magnético.
26/05-30/05	Avances en radiobiología. Organizado conjuntamente por la SEPR, Ciemat.
02/06-06/06	Curso: protección radiológica para Operar Instalaciones Rayos X con fines diagnósticos.
09/06-11/06	Espectrometría alfa. Aplicaciones.
18/06-20/06	International nuclear event scale (INES). Organizado conjuntamente por OIEA/CSN, Ciemat
15/07	J.T. future directions in gene transfer-based therapies. Organizado conjuntamente con el Ito. de Biotecnología del CSIC.

## CURSOS ORGANIZADOS POR PROINSA

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

### PROGRAMACIÓN 1997

19 - 30 mayo 17 - 28 noviembre	}	Capacitación para operadores de instalaciones radiactivas
2 - 27 junio 22 septiembre - 17 octubre	}	Capacitación para supervisores de instalaciones radiactivas
5 - 19 septiembre 1 - 5 diciembre	}	Capacitación para operadores de instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico general
8 - 12 septiembre 15 - 19 diciembre	}	Capacitación para personal que dirija instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico general
24-26 octubre	}	Capacitación para personal que dirija instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico dental

## FE DE ERRATAS

En el artículo de opinión "Sobre la traducción al español de las magnitudes operacionales adoptada en la versión española de la publicación ICRP-60, editada por la SEPR" (Radioprotección 1996; 4(13): 54-57), se cometió un error en la Tabla 2. Para aclaración de los lectores, publicamos de nuevo dicha tabla de forma correcta:

**TABLA 2. Alternativa A**

Apelativo de la magnitud	Carácter conceptual	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	$H^*(d)$	Equivalente de dosis ambiental	Ambient dose equivalent
	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

# SIEMENS



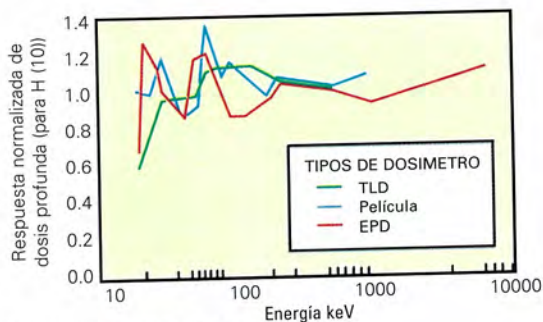
EPD Dosímetro Personal Electrónico

## La seguridad nunca ha sido tan sencilla

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

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

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



Respuesta comparativa de energía

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

# ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de  
las centrales nucleares europeas

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



 **ENUSA**

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