

# RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



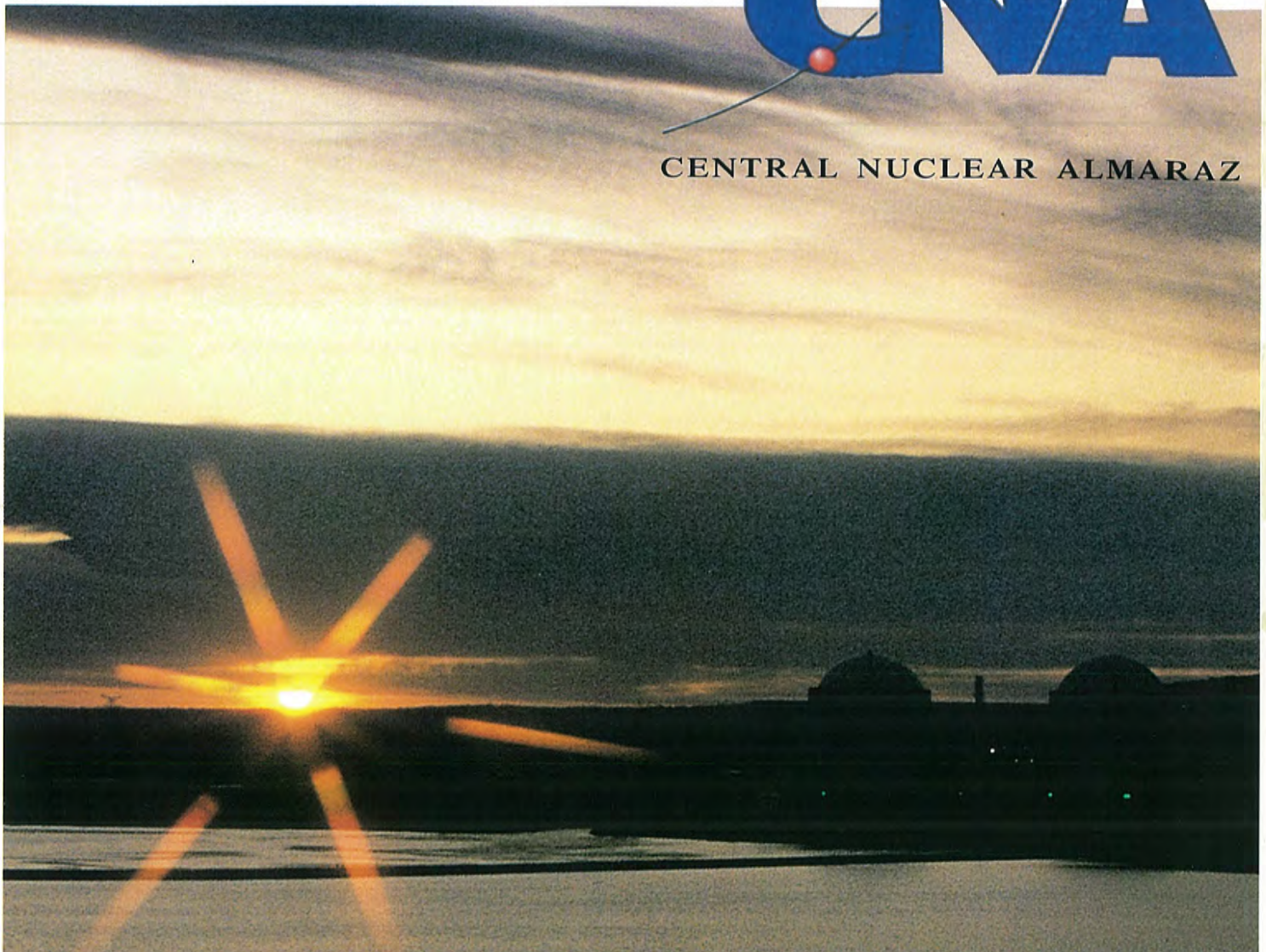
- ✓ **CRITERIOS ESTADÍSTICOS**  
*aplicables a los **CONTROLES AMBIENTALES***  
*y a la **REALIZACIÓN***  
*de **BIOENSAYOS***  
*en **TRABAJADORES** expuestos*  
*a la inhalación de*  
**AEROSOLES RADIATIVOS**
  
- ✓ **RADIACIÓN GAMMA**  
**NATURAL** en **GRAN**  
**CANARIA**
  
- ✓ **¿DENTRO O FUERA DEL**  
**SISTEMA REGULADOR?**  
*Situación actual y perspectivas*
  
- ✓ **ENTREVISTA:**  
**LUIS JOVA SED**

Nº 19 • Vol. VI • 1998

---



CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ





# RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE  
PROTECCION RADIOLOGICA  
Nº 19. Vol. VI • 1998

**Director:** Eduardo Sollet

#### Comité de Redacción

Coordinadora: M<sup>a</sup> Luisa España  
José Miguel Fernández Soto, Antonio López  
Romero, Paloma Marchena, Alicia Martínez  
y Teresa Navarro

#### Comité Científico

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

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

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

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

#### Realización y Publicidad

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

**Imprime** DGB  
**Distribuye** JARPA

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

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

Depósito Legal: 17158  
ISSN: 1133-1747

# SUMARIO

✓ Editorial	153
✓ Colaboraciones	
• CRITERIOS ESTADÍSTICOS	155
“Criterios estadísticos aplicables a los controles ambientales y a la realización de bioensayos en trabajadores expuestos a la inhalación de aerosoles radiactivos”	
<i>J.G. Sánchez, R. Ardanuy</i>	
• RADIACIÓN GAMMA	163
“Radiación gamma natural en Gran Canaria”	
<i>L. Doreste, P. Martel, J. García Rubiano, A. González Guerra, E. Ruiz Egea</i>	
✓ Contribución invitada	172
“Dentro o fuera del sistema regulador? Situación actual y perspectivas”	
<i>P. Carboneras, M.T. Ortiz</i>	
✓ Entrevista	
Entrevista con Luis Jova Sed	191
✓ Opinión	195
✓ Noticias S.E.P.R.	203
✓ Informaciones de interés	217
✓ Información del Grupo Iberoamericano	234
✓ Publicaciones	238
✓ Convocatorias	244

# SOCIOS COLABORADORES SEPR

---



*Gracias a todos  
por vuestro apoyo*

## La SEPR prosigue su camino

**L**a SEPR camina siguiendo las pautas trazadas en su Asamblea General del pasado mes de mayo en Barcelona. La Junta Directiva, renovada en aquella ocasión, es responsable de impulsar y canalizar las correspondientes acciones que permitan ampliar los horizontes de las actividades profesionales de sus asociados. En este marco, debe dar cuenta de los pasos recorridos en estos primeros meses de la nueva etapa emprendida, así como de los que están previstos transitar próximamente.

En las páginas siguientes hay referencias más detalladas de algunas de las actividades más relevantes llevadas a cabo en este período.

En particular, la Sociedad ha sido muy activa en lo referente a su proyección exterior. En este sentido, cabe destacar la presencia intensa y extensa de miembros de la Sociedad en el 4º Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear celebrado en La Habana durante el mes de octubre y en la que destaca especialmente la actividad desplegada por el GRIAPRA. Es de resaltar, por otra parte, la participación de la Sociedad en la reunión preparatoria del Comité Científico del Congreso de la IRPA-10 en Hiroshima 2000 y la presencia de la presidencia de la SEPR en la primera reunión de Sociedades Europeas celebrada en Luxemburgo a finales del mes de octubre bajo los auspicios de la D.G.XI de la Comisión Europea. Finalmente, merece

destacar el hecho de que la candidatura española del Congreso IRPA-11 en Madrid para el año 2004 ha estado presente en cuantos eventos exteriores ha participado la Sociedad.

Esta actividad exterior podría ser fugaz, y tal vez de escaso interés para muchos miembros de la Sociedad, de no asentarse sobre un conjunto sólido de actividades de mayor alcance para el conjunto de socios. En este sentido cabe destacar la culminación del proceso de desarrollo de la estructura funcional de la Sociedad, con la constitución de los Sectores de Actividad y las Comisiones de la Junta Directiva.

La respuesta a la encuesta formulada a los miembros de la Sociedad, 30% de contestaciones, en relación

a su ubicación en los cinco Sectores de Actividad previstos es aún insuficiente. Por esta razón, se está preparando una campaña activa que facilite y anime a realizar esa adscripción que permita a la Sociedad conocer mejor a sus asociados y, por tanto, posibilitar la prestación de un mejor servicio. Por otra parte, las Comisiones ya han sido configuradas, en una primera fase de su desarrollo, y han empezado a funcionar. Es una nueva experiencia que permitirá ampliar la dedicación del grupo reducido de personas que configuran la Junta Directiva, a una treintena de socios que han aceptado jugar un protagonismo en el desarrollo de la nueva

Sociedad. Dichas Comisiones están abiertas a la incorporación de savia nueva que debe fortalecer el funcionamiento de la Sociedad y asegurar su futuro, incorporación que la Junta Directiva apoya sin reservas.

En las últimas semanas del año, se está preparando el presupuesto para el año 1999, en el que se recogerán todas las iniciativas generadoras de ingresos y de gastos. En este sentido deberán optimizarse los gastos fijos para aligerar al máximo las cargas que debe soportar una organización, como es la nuestra, con escasas fuentes de financiación.

Los retos más inmediatos que se presentan al finalizar el año son, entre otros, el lanzamiento de la organización del próximo Congreso de la Sociedad en Las Palmas de Gran Canaria, en el año 2000, y apoyar la continua mejora de nuestra revista *RADIOPROTECCIÓN*, tanto en los aspectos de edición y gestión como de participación de los miembros de la Sociedad.

Que el nuevo año 1999 permita alumbrar estos y otros proyectos, tanto colectivos como personales, es el ferviente deseo de la Junta Directiva.



# CRITERIOS ESTADÍSTICOS APLICABLES A LOS CONTROLES AMBIENTALES Y A LA REALIZACIÓN DE BIOENSAYOS EN TRABAJADORES EXPUESTOS A LA INHALACIÓN DE AEROSOLES RADIATIVOS



*La normativa sobre Protección Radiológica deja un amplio margen a su interpretación. El establecimiento de criterios estadísticos contribuiría a una interpretación más homogénea y objetiva. Con tal fin hemos desarrollado un método, basado en técnicas de simulación, para estimar el riesgo radiológico de personas expuestas a la inhalación de aerosoles de uranio en áreas dotadas de tomamuestras fijos que se miden periódicamente. En el estudio se han utilizado datos experimentales que nos han llevado a emplear distribuciones normales y lognormales censuradas para tener en cuenta la presencia de valores por debajo del límite de detección. De los resultados pueden derivarse criterios aplicables al control radiológico de personas expuestas a la inhalación de aerosoles y al establecimiento de programas de bioensayos.*

**José Guillermo  
Sánchez**

*Empresa Nacional del  
Uranio, S.A. y Dpto.  
Estadística de la  
Universidad de  
Salamanca.*

**Ramón Ardanuy**

*Dpto. Estadística de la  
Universidad de  
Salamanca.*

*The Health Physics regulations should be more precise. Statistical criteria should be used by licensees to determine when monitoring or bioassay is required. Simulation techniques are applied to estimate the intake and the lung retention, and uncertainties, in workers exposed to uranium airborne in areas where the activity are periodically monitored with air samplers. Experimental data are used. An improved method for normal and lognormal censored distribution is utilized to take into account lower level detection values. All these methods can be useful for the design and the conduct of the air control and for the bioassay monitoring.*



## INTRODUCCIÓN

La normativa sobre Protección Radiológica establece los tipos de controles que deben aplicarse sobre el personal profesionalmente expuesto, según el riesgo radiológico previsible para el grupo al que se aplica, pero es poco precisa en indicar cómo se calculan estos riesgos. Por ejemplo: El Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSCRI) dice que debe considerarse trabajador de categoría B aquél que por las condiciones en las que realiza su trabajo es muy improbable que reciba dosis superiores a 3/10 de los límites anuales de dosis. La cuestión es cómo determinar que es "muy improbable" superar un límite determinado. El NUREG 1400 punto 3.5 dice al respecto: "La predicción debería estar basada en la experiencia previa de las medidas de las concentraciones ambientales y de las incorporaciones".

No pretendemos dar una respuesta general a la cuestión anterior. Nos centraremos en la evaluación del riesgo radiológico de los trabajadores expuestos a la inhalación de aerosoles radiactivos de uranio y, en función de éste, determinar qué tipo de controles radiológicos deben aplicarse (Por ej.: Método de asignación de dosis, necesidad o no de realizar bioensayos, periodicidad, frecuencia de muestreo, etc.). Nos basaremos en la experiencia operacional de la fábrica de elementos combustibles para reactores nucleares de Juz-

bado (ENUSA). Ésta tiene una zona, denominada Zona Cerámica, donde se manipula óxido de uranio ligeramente enriquecido en forma no encapsulada. La instalación está diseñada para minimizar la exposición de los trabajadores a la inhalación de aerosoles de uranio pero el riesgo no es nulo, requiriéndose su control radiológico. Nosotros hemos desarrollado un método (1) que permite evaluar con criterios estadísticos el riesgo de exposición interna de las personas que trabajan en esta área. Hemos recurrido a técnicas de simulación (2) para lo que hemos empleado el programa de cálculo *Mathematica* (3). Aunque nos referimos a una instalación concreta y a aerosoles de  $UO_2$ , la metodología desarrollada podría extenderse a otros tipos de instalaciones y compuestos.

## ESTIMACIÓN DE LAS INCORPORACIONES UTILIZANDO TOMAMUESTRAS FIJOS

La estimación de las incorporaciones individuales del personal que trabaja en la zona indicada se realiza según un método que se describe a continuación. Un trabajador cualquiera se desplaza a lo largo de la jornada  $d$  a distintas posiciones  $i$ , en las que permanece un tiempo  $\Delta t_{ij}$  que es anotado por el trabajador en un estadillo. La actividad inhalada  $I_{ij}$  por un individuo en  $\Delta t_{ij}$  es:  $I_{ij} = v C_{ij} \Delta t_{ij}$ , donde  $v$  es la tasa estándar de respiración humana. La actividad total inhalada  $I_i$  por el trabajador durante la jornada  $d$  será:

$$I_i = v \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m C_{ij} \Delta t_{ij} \quad (1)$$

Los puntos  $i$  más habituales en los que permanecen los trabajadores disponen de tomamuestras fijos que miden la concentración ambiental de aerosoles de uranio. Cada tomamuestras  $i$  puede considerarse representativo de las condiciones de inhalación del trabajador mientras permanece en sus proximidades. Los tomamuestras están dotados de filtros que se cambian con un período  $T$ , que suele coincidir con la duración de la jornada laboral  $d$ . La actividad retenida en el filtro  $i$  al finalizar la jornada  $d$  es medida y la designaremos por  $A_{ij}$ . A partir de  $A_{ij}$  es inmediato deducir la concentración media  $C_{ij}$  en el mismo punto  $i$  y tiempo  $d = T$  y está dada por

$$C_{ij} = A_{ij} / (rT) \quad (2)$$

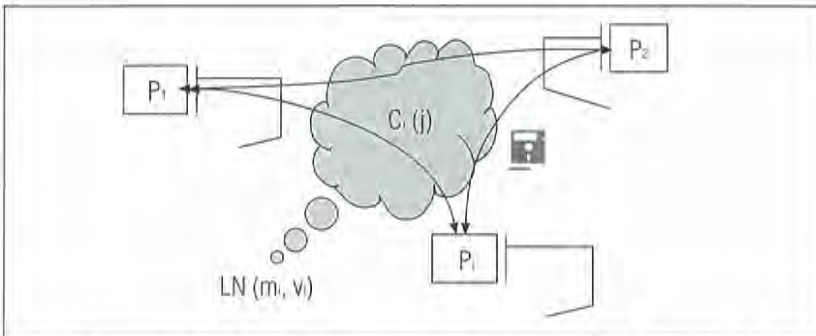
donde  $r$  es el caudal de aspiración del filtro. Usualmente se toma  $r = v = 1.2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  y así lo consideraremos en adelante.

De (1) y (2) y siendo  $W_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta t_{ij}$  el tiempo total de permanencia por jornada  $d$  en cada punto  $i$ , se obtiene  $I_i$  (3). A partir de estos valores son asignadas individualmente las dosis internas.

$$I_i = v \sum_{j=1}^n A_{ij} W_{ij} \quad (3)$$

(Obsérvese que en la expresión anterior se asume que la concentración media  $C_{ij}$  en el tomamuestras  $i$  en el  $\Delta t_{ij}$  es igual  $C_{ij}$  que es la concentración media correspondiente a toda la jornada





**Figura 1.** Los trabajadores se desplazan aleatoriamente por  $P_i$ , puntos de muestreo dotados de tomamuestras que miden las concentraciones medias diarias,  $C_i$ , en dichos puntos. Se ha encontrado que la concentración en cada punto  $i$  se puede ajustar a una distribución lognormal. Este hecho se ha utilizado para simular las incorporaciones a las que están sometidos.

d. De ahí que se utilice una aproximación en vez de una igualdad).

**SIMULACIÓN DE LAS INCORPORACIONES DIARIAS: APLICACIÓN A LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO RADIOLÓGICO**

En este apartado vamos a estimar la probabilidad de que un trabajador supere un límite de incorporación determinado. Para ellos dividiremos al conjunto de los trabajadores expuesto a la incorporación de aerosoles en grupos  $\{G_1, \dots, G_i, \dots, G_n\}$  según realicen actividades similares. Consideremos un grupo cualquiera  $G_i$ . Los trabajadores de este grupo se desplazan por  $n$  puntos de muestreo (fig. 1). Elegiremos exclusivamente los puntos donde permanecen la mayor parte del tiempo despreciando aquellos que visitan esporádicamente (por ejemplo, en los casos estudiados, cada grupo permanece la mayor parte de su tiempo en 4 ó 5

puntos frente a los casi doscientos puntos de muestreo que dispone el conjunto de la zona cerámica). Se trata de construir un modelo estadístico que permita simular las incorporaciones  $I_{ik}$ .

- Buscaremos una función de probabilidad  $f(a)$  por punto de muestreo  $i$  a la que pueda aproximarse los valores experimentales  $\{A_{i1}, \dots, A_{in}\}$ . Las funciones  $f(a)$  aplicables a los distintos puntos  $i$  son del mismo tipo, aunque con diferentes parámetros.
- Igualmente se buscará una función de probabilidad  $g(w)$  representativa de la variación del tiempo  $W_{ij}$  de permanencia en cada punto  $i$ . Igual que ocurre con  $f(a)$  las funciones  $g(a)$  correspondiente a los distintos puntos  $i$  son del mismo tipo.

La cantidad incorporada,  $I_{ik}^{(j)}$ , una jornada  $d$  cualquiera por un individuo  $k$  puede simularse por (4) que se obtiene sustituyendo

en (3)  $A_{ij}$  por  $f^{(j)}[a]$  y  $W_{ij}$  por  $g^{(j)}[w]$  donde  $f^{(j)}[a]$  y  $g^{(j)}[w]$  representan números pseudoaleatorios generados utilizando como funciones de densidad  $f(a)$  y  $g(w)$ .

$$I_{ik}^{(j)} = v \sum_{h=1}^n f^{(j)}[a] g^{(j)}[w] \quad (4)$$

Aplicando este método simulamos las incorporaciones diarias  $\{I_{ik}^{(1)}, I_{ik}^{(2)}, \dots, I_{ik}^{(n)}\}$  a lo largo del periodo  $[0, D]$ . La incorporación total durante el mismo periodo será  $I_k = \sum_{i=1}^n I_{ik}^{(i)}$ . De la misma forma simulamos las incorporaciones diarias de  $m$  individuos.

- Para  $k = 1$   $\{I_{11}^{(1)}, I_{11}^{(2)}, \dots, I_{11}^{(n)}\}$
- Para  $k = 2$   $\{I_{21}^{(1)}, I_{21}^{(2)}, \dots, I_{21}^{(n)}\}$
- .....
- Para  $k = m$   $\{I_{m1}^{(1)}, I_{m1}^{(2)}, \dots, I_{m1}^{(n)}\}$

y sus correspondientes incorporaciones totales que representamos por:

$$\{I_1^{(1)}, I_2^{(1)}, \dots, I_m^{(1)}\}$$

cuya media,  $\hat{I}^j$ , y desviación típica,  $S_{I^j}$ , son:

$$\hat{I}^j = \frac{\sum_{k=1}^m I_k^j}{m} \quad S_{I^j} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (I_k^j - \hat{I}^j)^2}{m-1}}$$

y la incertidumbre asociada a la media:

$$I^j = \hat{I}^j \pm t_{(\alpha/2, m-1)} S_{I^j} / \sqrt{m}$$

donde  $t_{(\alpha/2, m-1)}$  corresponde a la t-Student para el nivel de significación  $\alpha$  elegido con  $m-1$  grados de libertad

Los valores  $\{I_1^{(j)}, I_2^{(j)}, \dots, I_m^{(j)}\}$  siguen un distribución normal, no importa qué fun-



ciones sean  $f(a)$  y  $g(w)$ , y así lo consideraremos en adelante. En efecto: Sea  $\hat{h}^k$  la incorporación media del individuo  $k$  durante el periodo  $[0, D]$ , entonces  $h^k = h \hat{h}^k$ ,  $h^2 = h \hat{h}^2, \dots, h^m = h \hat{h}^m$  verificándose que  $\{h^k, h^2, \dots, h^m\} = h \{\hat{h}^k, \hat{h}^2, \dots, \hat{h}^m\}$  que para  $h$  elevado ( $> 30$ ), de acuerdo con el teorema central del límite, siguen una distribución normal.

Ahora podemos estimar la probabilidad  $p$  de que la incorporación total  $I$ , durante un periodo  $[0, D]$ , para un individuo cualquiera del grupo estudiado exceda el límite  $L$ . Es decir:  $P(I \geq L) = p$  y si queremos que  $p = \alpha$  deberá cumplirse que:

$$\hat{h}^k + z_{1-\alpha} S_{\hat{h}^k} = I \leq L \tag{5}$$

donde:

$L$  Límite máximo de incorporación admisible. Habitualmente  $L$  es un fracción  $f$  del LIA (límite de incorporación anual) aplicable al tipo de isótopos que forman los aerosoles inhalados.

$z_{1-\alpha}$  corresponde al valor de  $z$  de una normal  $N(0,1)$  para el nivel de significación  $\alpha$  elegido. Para  $\alpha = 0.05$   $z_{0.95} = 1.649$ .

**Ejemplo 1:** La norma 10CFR20.1502(b) dice que se requerirá mediciones para estimar la dosis interna a un individuo cuando es probable que éste exceda el 10% del LIA. La norma anterior es equivalente a calcular la probabilidad  $p$  de que  $I$  supere un determinado límite  $L = f$  LIA, con  $f = 0,1$  (10%), lo que puede hacerse aplicando (5). El LIA depende de los isótopos

considerados, para el uranio ligeramente enriquecido es 1500 Bq, por tanto  $L = 150$  Bq. El valor de  $\alpha$  no está regulado, puede utilizarse  $\alpha = 0.05$  que es frecuentemente utilizado en muchas aplicaciones estadísticas. Si el resultado obtenido es  $I = L$ , se considerará que es muy improbable que los individuos del grupo considerado supere el 10% del LIA.

**Ejemplo 2:** En la introducción indicábamos que debe considerarse trabajador profesionalmente expuesto de categoría B aquél que por las condiciones en las que realiza su trabajo es muy improbable que reciba dosis superiores a 3/10 de los límites anuales de dosis. Para saber si un grupo de trabajadores expuesto a la inhalación de aerosoles de uranio es de categoría B es aplicable un método idéntico al descrito en el ejemplo 1 con  $L = 450$  Bq (Si consideramos sólo las dosis internas 3/10 del límite anual de dosis equivale a incorporar 3/10 del LIA, como el LIA es 1500,  $L = 3/10 \cdot 1500 = 450$  Bq).

El procedimiento descrito lo hemos aplicado para estimar las incorporaciones de los trabajadores de un área de la fábrica de Juzbado de la que disponíamos los valores de  $A_w$  (mBq d<sup>-1</sup>) de 2 años [Los valores realmente disponibles eran las concentraciones medias diarias  $C_w$  (Bq m<sup>-3</sup>) pero de éstas se obtiene  $A_w$  (Bq día<sup>-1</sup>) multiplicando el resultado por 9,6 de acuerdo a la ec (2)]. Hemos comprobado que se ajustan aceptablemente a una función lognormal  $f(a) = LN(\mu, \sigma^2)$ .

$$f(a) = \frac{1}{\sigma \cdot a \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln a - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

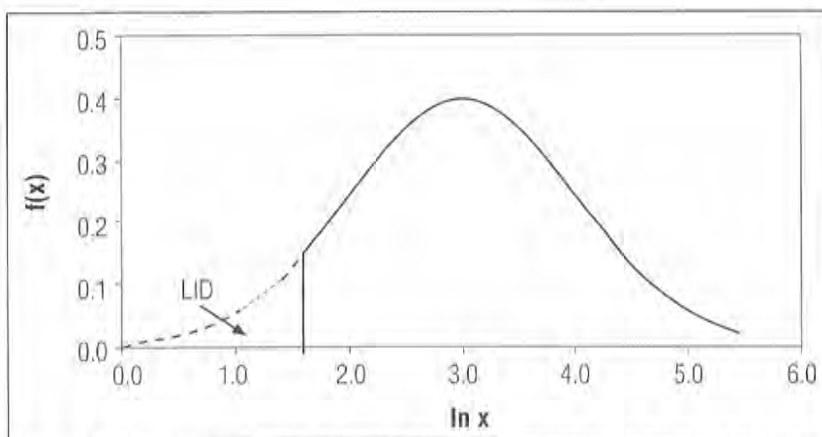
con  $a > 0$ ,

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum \ln A_{wi} \quad \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (\ln A_{wi} - \mu)^2$$

Esto es bastante razonable pues cuando se trata de garantizar que una población esté por debajo de cierto límite, la media del valor a controlar debe estar sensiblemente alejada de éste, presentándose una fuerte asimetría. La función lognormal cumple con estos criterios, y probablemente se dé este tipo de distribución en casos similares. Un tema importante que se ha tenido cuenta en el tratamiento de los datos disponibles es la presencia de valores de  $A_w = LID$  (LID = Límite Inferior de Detección de la técnica de medida). Para ello se ha desarrollado un método [1, 4], que se ha incorporado a un programa en *Mathematica*, que permite estimar la media y varianza en distribuciones normales y lognormales censuradas unilateralmente (fig. 2).

No se tenían valores experimentales  $W_w$ . Se ha supuesto que los individuos se desplazan aleatoriamente por los  $n$  puntos siendo la probabilidad de permanecer en cada uno de ellos la misma. Podemos asumir, por tanto, que  $g(w)$  corresponde a una distribución Uniforme  $U_i(0, T)$ . Debe verificarse que para una jornada cualquiera  $\sum W_w = T$ , siendo  $T$  la duración total de la jornada  $d$  que siempre es la misma, y por tanto sustituyendo en (4) resulta:

$$f_w^{(n)} = v \cdot T \sum_{i=1}^n \frac{w_i^{(n)} \cdot (w_i)^{(n)}}{\sum_{j=1}^n (w_j)^{(n)}} \cdot LN[\mu, \sigma]^2 \tag{6.a}$$



**Figura 2.** Función de densidad de una distribución normal de media 3 y desviación típica 1, siendo  $x$  una variable aleatoria que representa la variación de la concentración media diaria  $C_w$  en  $mBq/m^3$ . Es equivalente a una distribución lognormal con variable aleatoria  $x$ . Algunos días  $C_w \leq LID$  (Límite Inferior de Detección). Se trata de una distribución censurada unilateralmente. Este hecho lo hemos tenido en cuenta al estimar la media y varianza [1, 6].

En el caso que se conozcan los tiempos de permanencia y estos no varíen apreciablemente, podremos considerarlos constantes. Es decir haremos  $g[W] = W$ , y de aquí resulta:

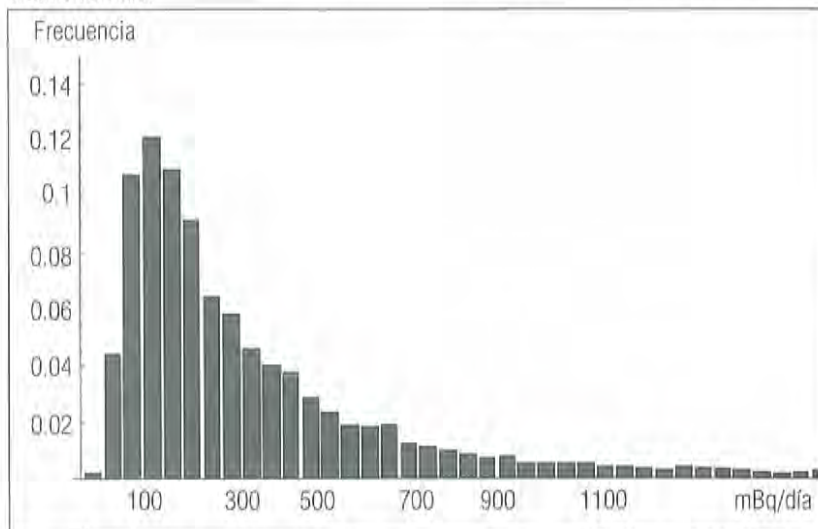
$$I_w^{(0)} = v \sum_{i=1}^n W_i LN [\mu_i, \sigma_i^{(0)}] \quad (6.b)$$

Una opción más restrictiva es elegir el valor mayor de los producidos cada día en todos los puntos de muestreo y aplicarla a toda la jornada.

$$I_w^{(0)} = v T \max_{1 \leq i \leq n} \{ LN [\mu_i, \sigma_i^{(0)}] \} \quad (6.c)$$

Existe una posibilidad aún más conservadora que es suponer que toda la actividad  $A_w$  depositada en cada filtro ocurre precisamente cuando el individuo está junto a él en cuyo caso:  $I_w^{(0)} = v \sum_{i=1}^n$

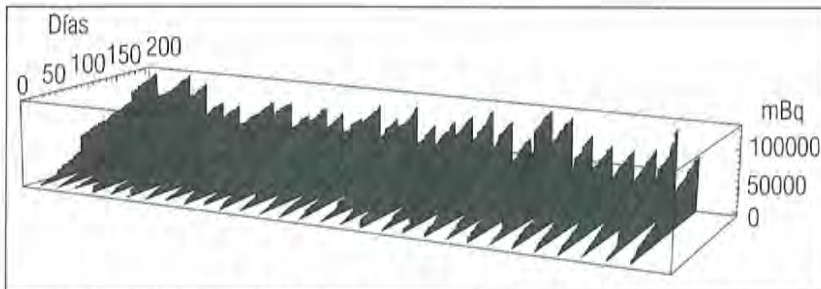
$LN [\mu_i, \sigma_i^{(0)}]$  pero la probabilidad es prácticamente nula.



**Figura 3.** Distribución de frecuencias para las incorporaciones diarias  $I_w$  de un conjunto de trabajadores que se desplazan aleatoriamente por un área determinada. Puede observarse que presenta una fuerte asimetría a la izquierda. Esto es debido probablemente a que para garantizar que los trabajadores no superan un determinado límite es necesario que la mayoría de las exposiciones diarias estén muy alejadas de los límites.

El área elegida dispone de tres tomas muestras próximos ( $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$ ) a los equipos de fabricación, y otro ( $P_A$ ) representativo de la concentración media del área. Además se ha incluido un punto,  $P_f$ , con la concentración del fondo ambiental, que se ha utilizado para simular la exposición del trabajador durante el tiempo que pasa fuera de su área de trabajo. Las funciones a las que se ajustan estos valores  $C_w$  han sido las siguientes;  $f_1(a) = LN(3.261, 1.262^2)$ ,  $f_2(a) = LN(3.836, 1.546^2)$ ,  $f_3(a) = LN(2.710, 0.8792)$ ,  $f_4(a) = LN(2.132, 0.684^2)$ , y  $f(a) = LN(1.954, 0.715^2)$ .

Aplicando la función de simulación (6.a) y multiplicando por 9.6, para pasar a  $A_w$ , se han obtenido los valores diarios de  $I_w$  que se muestran en la fig. 3. Se ha



**Figura 4.** Simulación de las incorporaciones acumuladas individualmente a lo largo de un año laboral (200 días hábiles) para un colectivo de 30 trabajadores que realizan una actividad parecida. Obsérvese que la simulación prevé incorporaciones aleatorias puntualmente elevadas sin que al final del periodo se produzcan diferencias apreciables.

supuesto  $D = 200$  jornadas, que son las típicas laborables de un año, y  $m = 30$  individuos. La evolución de la cantidad incorporada por cada individuo se muestra en la figura 4. Puede observarse que al final del periodo las cantidades totales incorporadas son muy similares.

El valor obtenido para la media de incorporación anual,  $\hat{P}$ , ha sido 102.8 Bq y para la desviación típica,  $s$ , 17.7 Bq. Sustituyendo en (5) resulta  $k = 132$  Bq. Como  $L = 150$  Bq (véase ejemplo 1) se verifica que  $k < L$ . Por tanto, para este grupo, es muy improbable (<0.4%) que ningún individuo supere el 10% LIA, no requiriéndose de acuerdo a la norma 10CFR20.1502(b) mediciones individuales para estimar la dosis interna ni realizar bioensayos de forma sistemática (véase el punto 2.1.2 de [5]).

Lo anterior, aunque esté basado en datos reales del pasado, debe entenderse como un ejemplo de aplicación del método propuesto y no corresponde a ningún grupo real de trabajadores de la Fábrica de Juzbado.

Si se dispusiese de un gran número de valores reales de las incorporaciones diarias individuales podrían utilizarse éstos en vez de los simulados para calcular  $\hat{P}$  y  $s$  y aplicar (5). Sin embargo, nuestra experiencia nos dice que es preferible los obtenidos por simulación pues ésta utiliza los valores de  $A_w$  que son mucho más fiables que los datos de las incorporaciones individuales que presentan elevadas incertidumbres debida a la dificultad de registrar con precisión los tiempos de permanencia.

### RETENCIÓN PULMONAR EN CASO DE MÚLTIPLES INCORPORACIONES ALEATORIAS

En este apartado desarrollaremos un método de cálculo de la retención pulmonar aplicable a casos de incorporaciones aleatorias de aerosoles radiactivos (el método es extensible para otros bioensayos como la excreción urinaria y/o fecal, empleando las funciones de eliminación correspondiente). El resultado

nos valdrá para determinar la necesidad o no de realizar bioensayos y en los casos que sean necesarios definir las frecuencias con las que deberían realizarse.

Al igual que en el apartado anterior emplearemos un método de simulación que nos permite seguir la evolución de la retención pulmonar. Supondremos aerosoles de  $UO_2$ , Clase Y, y AMAD  $1 \mu m$ , aunque es aplicable a otras solubilidades y AMADs, incluso a casos en los varíen [1, 6]. La retención pulmonar  $q(t)$ , donde  $t$  se expresa en días, para aerosoles de estas características supuesta una incorporación puntual única  $l = 1$  en  $t = 0$ , puede aproximarse [1] bastante bien por:

$$q(t) = 0.1512^{-0.500t} + 0.1252^{-t} \quad (7)$$

La cantidad total retenida  $Q(t)$ , con  $t$  en días, en un compartimento o región determinado (en este caso en los pulmones) en un periodo  $[0, D]$  en el supuesto de que cada día se produce un incorporación puntual única, y asumiendo  $Q(0)$  en  $t = 0$ , puede expresarse por:

$$\begin{aligned} \text{para } t = 1 \quad Q^{(1)}(1) &= I^{(1)} \cdot q(1) \\ \text{para } t = 2 \quad Q^{(1)}(2) &= I^{(1)} \cdot q(2) + I^{(1)} \cdot q(1) \\ \text{para } t = 3 \quad Q^{(1)}(3) &= I^{(1)} \cdot q(3) + I^{(1)} \cdot q(2) + \\ & \quad I^{(1)} \cdot q(1) \\ \dots\dots\dots \\ \text{para } t = d \quad Q^{(1)}(d) &= I^{(1)} \cdot q(d) + I^{(1)} \cdot q(j-1) \\ & \quad + \dots + I^{(1)} \cdot q(2) + I^{(1)} \cdot q(1) \end{aligned}$$

Repetimos el proceso  $k$  veces utilizando los valores de  $I(k)$  obtenidos por el método descrito en el apartado anterior. De esta forma obtendremos las retenciones medias y sus correspondientes inter-

valos de confianza. Lo comparamos con el caso en el que la misma incorporación media  $\bar{I} = I_0/D$  se produzca de forma continua constante. En este último caso  $Q_d(t)$ , está dada por (8), que se obtiene integrando (7). Los resultados se muestran en la figura 5.

$$Q_d(t) = \bar{I}(108.9 - 0.1802^{-t} - 108.72^{-t/600}) \quad (8)$$

A partir de (8) puede determinarse el periodo en el que debería realizarse el bioensayo. En el punto 4.3 de [5] se dice: "En general, las muestras deberían ser realizadas con una frecuencia correspondiente a no más del 30% de incremento en las fracciones acumuladas sobre cualquier periodo de tiempo". El periodo  $\Delta t$  que debe transcurrir para que se produzca un incremento  $\Delta Q$  en la cantidad retenida en los pulmones puede obtenerse conservadoramente aplicando (9).

$$\Delta Q = 100 \times \frac{Q(t) - Q(t_1)}{Q(t_1)} \quad (9)$$

donde  $Q(t_1)$  y  $Q(t)$  se calculan aplicando (8), siendo:

$Q(t_1)$  la cantidad retenida en  $t_1$ , siendo  $t_1$  el tiempo transcurrido desde el inicio de la incorporación y la realización del bioensayo.

$Q(t)$  la cantidad retenida en  $t$  siendo  $t = t_1 + \Delta t$ , donde  $\Delta t$  es el periodo que debe transcurrir para que se produzca el  $\Delta Q$  establecido, expresada en porcentaje de  $Q(t_1)$ .

A partir de (9) se trata de determinar  $\Delta t$  lo que puede hacerse por un método numérico. Para  $t = 600$  días se obtiene

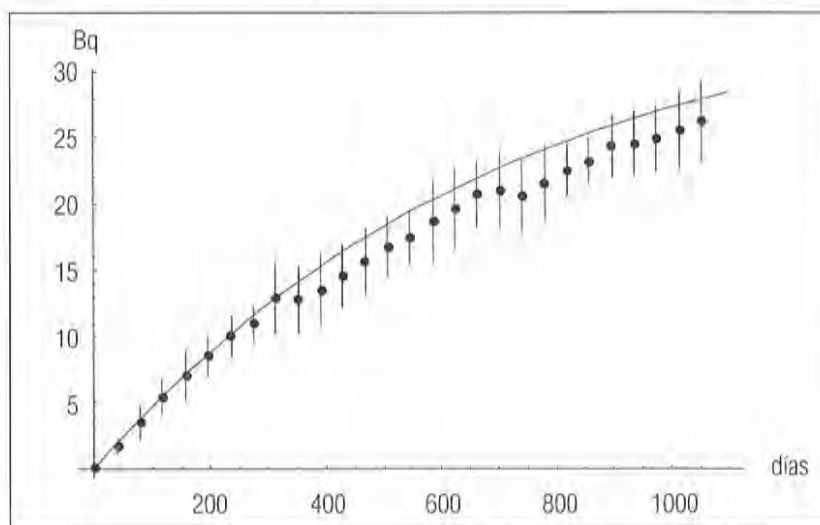
que  $\Delta Q = 30\%$  cuando  $\Delta t = 350$ . Es decir: si se hace una medida con un CRC (Contador de radiactividad corporal) el día 600 desde el inicio de la incorporación, la siguiente medida debería hacerse aproximadamente un año después. Pasados tres años de incorporación continua, y siempre que las condiciones no varíen apreciablemente, no es de esperar aumentos del 30% pues el incremento en la cantidad retenida en los pulmones se produce de forma muy lenta cuando el periodo es largo.

Otra información igualmente importante del método es que al conocer la retención estimada podemos saber si el resultado esperado está por encima del LID del equipo de medida (CRC) o si por el

contrario queda por debajo de este valor. Un CRC con un LID de  $45 \mu\text{g}$  de  $^{238}\text{U}$  (valor considerado bueno) sólo podrá detectar la presencia de uranio en el pulmón a un individuo que esté sometido a una incorporación anual media de 350 Bq (1/4 del LIA) durante más de 3 años. En el caso estudiado la incorporación media anual es menor de 132 Bq al individuo más expuesto, careciendo de utilidad el bioensayo. Aquí nos hemos referido a la retención pulmonar pero los criterios son los mismos para otros bioensayos.

## CONCLUSIONES

Hemos mostrado un método que per-



**Figura 5.** La línea discontinua representa la retención pulmonar media, con su intervalo de confianza, para un colectivo de trabajadores expuesto a una incorporación aleatoria. La disminución de la retención pulmonar se produce anualmente coincidiendo con el periodo vacacional, hecho que se ha tenido en cuenta en la simulación. La línea continua representa el caso en el que la misma incorporación se produzca de forma continua constante. Obsérvese que en este caso se sobreestima la cantidad retenida en los pulmones.



mite incorporar criterios estadísticos a la aplicación de controles ambientales y a la realización de bioensayos en personas expuestas profesionalmente a la inhalación de aerosoles radiactivos; el mismo procedimiento es extensible a otras situaciones. El empleo de este tipo de métodos permitiría aplicar con criterios más homogéneos y objetivos la normativa sobre Protección Radiológica.

## REFERENCIAS

1. Sánchez J.G. Variables estocásticas en Modelos Compartimentales: Aplicación

a la incorporación de partículas en el cuerpo humano, Cap. 5. Tesis doctoral. Dpto. de Estadística. Universidad de Salamanca. 1998.

2. Law A. M. y David Kellon W. Simulation, Modeling and Analysis. McGraw-Hill. 1998.

3. Wolfram S. The Mathematica Book, version 3 con Standard Add-on Packages. Wolfram Media & Cambridge University Press. 1996.

4. González A. Estimación de muestras censuradas y truncadas de distribucio-

nes normales. (Tesina). Dpto de Matemática Pura y Aplicada. Universidad de Salamanca. 1997.

5. USAEC. "Interpretation of bioassay data". Regulatory Guide 8.9. rev 1 (Draft). Marzo 1993.

6. Sánchez J.G. "Resolución analítica de modelos con recirculación: Aplicación al modelo de Wreen de inhalación de partículas de uranio". 24 Reunión Anual de la SNE. Valladolid. 1998.



# RADIACIÓN GAMMA NATURAL EN GRAN CANARIA



*raíz del accidente de Chernobyl en 1986 aumentó la preocupación por la vigilancia radiológica y se alentó el propósito de elaborar mapas de radiación gamma natural para poder evaluar los niveles de radiación y detectar así sus posibles incrementos. En España se ha procedido a elaborar mapas de radiación gamma natural. El presente trabajo contribuye a completar dichos mapas, proporcionando datos sobre la radiación natural en la isla de Gran Canaria. Es fruto de un convenio entre la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Cabildo Insular de Gran Canaria y la Fundación Universitaria de Las Palmas. Se llevó a cabo en una campaña de medidas que se realizó desde el 4 de mayo al 10 de octubre de 1996, y aquí se presentan sus resultados.*

**Lorenzo Doreste,  
Pablo Martel, Jesús  
García Rubiano,  
Antonio González  
Guerra**

*Departamento de Física,  
Universidad de Las  
Palmas de Gran Canaria.*

**Eugenio Ruiz Egea**  
*Servicio de Física  
Médica, Hospital Nuestra  
Señora del Pino, Las  
Palmas de G.C.*

*The Chernobyl accident of 1986 increased the concern about the radiological monitoring and reinforced the idea of elaborating maps of environmental gamma radiation. These maps would allow countries to evaluate its environmental radiation levels and to detect variations in them. Spain is also establishing the environmental gamma radiation map of the country. This paper provides data about environmental gamma radiation in the Island of Gran Canaria (Canary Islands), as a contribution to such objective. The work was carried out during 1996, under the framework of a collaboration agreement supported by the Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, the Cabildo Insular de Gran Canaria and the Fundación Universitaria de Las Palmas.*



## INTRODUCCIÓN

La elaboración de mapas de la radiación gamma natural en Gran Canaria constituye un proyecto ejecutado por un equipo de profesores e investigadores del Departamento de Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, según Convenio de colaboración firmado por dicha Universidad, el Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria y la Fundación Universitaria de Las Palmas. El proyecto se realizó durante el año 1996.

Como consecuencia del accidente ocurrido el 26 de abril de 1986 en Chernobyl se aumentó la investigación sobre protección radiológica y seguridad nuclear. Uno de los campos que se ha visto beneficiado por este aumento de la investigación ha sido el estudio de la radiactividad ambiental, ya que si se quiere evaluar el impacto de hipotéticos accidentes nucleares es necesario conocer bien los niveles de radiación ambiental existentes previamente [1-3].

En España existe la Red de Estaciones de Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN, (REVIRA), que es un sistema constituido por una red de estaciones automáticas y otra de laboratorios asociados distribuidos por el territorio nacional [4, 5]. Esta red consta de 25 estaciones situadas en estaciones automáticas del Instituto Nacional de Meteorología, el cual recibe en su sede central datos meteorológicos de toda España, y el CSN recibe datos meteorológicos y radiológicos. Cada Estación Radiológica Automática mide la tasa de radiación, y las concentraciones de radón, de radioyodos, y

de emisores alfa y beta en el aire. REVIRA tiene sólo dos estaciones en islas: una en Mallorca y otra en Tenerife. Este trabajo del Mapa de Radiación Gamma Natural en Gran Canaria obedece al justificado interés público e institucional por la vigilancia radiológica y es una contribución a la misma.

## OBJETIVOS

### Medida de la radiación ambiental

Con el fin de cubrir toda el área se elaboró una retícula de la isla con medida de la radiación ambiental en 79 puntos de muestreo. En cada punto se midió la radiactividad del aire en tasas de dosis absorbida y en tasas de Kerma en aire. Haciendo medidas en la superficie del mar, donde la radiactividad del fondo marino está muy atenuada por el agua, se determinó la radiación externa de origen cósmico en la latitud de la isla, que se comparó con las existentes en tierra. Asimismo, en cada punto se tomó una muestra del suelo; las muestras de suelo tomadas en cada punto se almacenaron en bolsas herméticas, para posterior análisis espectrométrico, en laboratorio, de los radioisótopos presentes en ellas.

### Elaboración del mapa de radiación gamma natural de la isla

Los resultados obtenidos sirvieron para calcular las isóneas de tasa de dosis absorbida y de tasas de Kerma en aire, y elaborar un mapa de radiación gamma natural de Gran Canaria, que

ofrece una visión sintética de la radiactividad ambiental existente en la isla.

## Archivo informático de los datos

Todos los datos obtenidos en los trabajos mencionados están archivados, constituyendo una base de datos informática, que será ampliable indefinidamente, y que puede utilizarse para la realización de cálculos estadísticos.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Equipos y unidades de medida

Los equipos utilizados fueron los siguientes:

- Un detector de radiación ambiental gamma con monitor analógico y detector de centelleo plástico. Rangos de medidas: Dos escalas semilogarítmicas: de 10 nSv/h a 10<sup>4</sup> nSv/h, y de 10 µSv/h a 10<sup>4</sup> µSv/h. Centelleador: De polivinilolueno, de 15 cm de largo por 7,5 cm de diámetro.
- Un detector de radiación ambiental gamma con monitor analógico y detector de centelleo sólido. Rangos de medidas: cuatro escalas lineales de 0 a 3000 µR/h; el potenciómetro permite medir los rangos múltiples x1, x10, x100, x1000. Centelleador: De yoduro de sodio con impurezas de talio, NaI(Tl), de 2,5 x 2,5 cm.
- Pequeña estación meteorológica que incluye medidas de alta preci-



sión de los parámetros: de altitud, temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica.

### Elección de los puntos de medida

Para la realización de los mapas radiométricos se adquirieron los 15 mapas de cartografía militar de la serie 5V, escala de 1:25.000. Para escoger los puntos de medidas de radiactividad ambiental se empezó por el más nororiental, y luego se siguió hacia el Sur con una separación entre un punto y otro de cinco kilómetros en línea recta. Más hacia occidente se obtuvieron líneas de puntos de Norte a Sur, hasta cubrir setenta. Para dar una visión sintética de la distribución de radiactividad ambiental en la isla se elaboró un mapa con curvas de iso-radiación. El cálculo de dichas curvas se refinó midiendo nueve puntos más. En total se midieron setenta y nueve puntos.

En cada medida el primer trabajo a realizar era localizar bien el punto elegido en el mapa. Luego se procedió a instalar ambos aparatos en sendos trípodes, de modo que los detectores quedaran a un metro del suelo. En principio se pensó que cinco minutos serían más que suficientes para realizar unas medidas fidedignas. No obstante, como siempre hay fluctuaciones, no debidas a deficiencias de los aparatos, sino a la propia naturaleza del fenómeno en estudio, se anotaron medidas a los 5, 10, 15 y 20 minutos, adoptando como definitiva la media de las cuatro. De forma simultánea se iban anotando día y hora, estado del cielo, temperatura ambiente en °C, presión atmosférica en mm de Hg,

humedad relativa y altura sobre el nivel del mar. También se procedió a recoger en una bolsa, que luego se cerraba herméticamente, un kilogramo de muestra de tierra próxima a los trípodes, para su posterior análisis y detección de radioisótopos, tarea que será objeto de trabajos posteriores.

### Cálculo de las isólineas del mapa

Una vez terminada la campaña de toma de datos en los 79 puntos de muestreo, se procedió a su tratamiento informático. Se trataron dos tipos de datos:

1º. Los obtenidos mediante el detector de centelleo de yoduro de sodio, que indica el Kerma en aire, y se expresan en nGy/h.

2º. Los obtenidos mediante el detector de centelleo de plástico, que se refieren a la dosis absorbida en aire, y se expresan en nGy/h.

El cálculo de las isólineas se realizó utilizando un método de interpolación estocástico y paramétrico cuya ventaja, frente a otros métodos de interpolación determinísticos (como la interpolación polinómica de Lagrange o la de Newton), es que proporciona el error de interpolación, de forma que permite estimar la bondad del ajuste.

### Medida de radiactividad al nivel del mar

Una vez realizadas las medidas en tierra, se procedió a medir las tasas de

exposición al nivel del mar. En varios puntos frente a las costas de la isla se midió la tasa de exposición debida a la radiación cósmica en nuestras coordenadas geográficas. Con ello se quería establecer una comparación con los resultados obtenidos en tierra. La radiactividad en tierra procede en su inmensa mayoría de los isótopos existentes en el suelo, y sólo una pequeña parte procede de la radiación cósmica. En cambio en el mar la única fuente radiactiva es la cósmica más una pequeña contribución debida a los materiales de la embarcación.

## RESULTADOS

### Tasas medias de exposición y de dosis absorbidas

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos en los puntos de muestreo, que son de dos clases: los normales, precedidos de un número que abarca desde el 1 al 72, y los precedidos de una R, del 2 al 10, que son para refinar los cálculos de las isólineas de radiactividad. La primera columna indica el número y el nombre más conocido de cada punto geográfico. La segunda es la medida de la dosis absorbida, expresada en nGy/h. La tercera es la del Kerma en aire, expresada en nGy/h, aunque fue medida en exposición en µR/h. Para ello, se ha efectuado la conversión  $1 \text{ mR} = 8,77 \text{ nGy}$  [6]. Las columnas cuarta y quinta son las coordenadas en proyección U.T.M. de cada punto (abcisas y ordenadas).



### MAPA 1 Las Palmas de Gran Canaria

5 La Isleta (zona militar)	100	105,2	458,5	3115,5
14 Casa Ayala, Tinoca	60	87,7	452,5	3111,5
6 Los Arenales	100	140,3	457,5	3111,5
15 Llanos de Marrero	70	114,0	452,5	3107,5
7 Carretera de Lomo Blanco	100	114,0	457,5	3107,5

### MAPA 2 Santa Brígida

16 Barranco Del Colegio	90	96,5	452,5	3102,5
8 Lomo Sabinal	90	96,5	457,5	3102,5
17 Barranco San Roque	90	122,8	452,5	3097,5
9 Lomo Espolón	90	105,2	457,5	3097,5
1 Telde - Melenara	65	87,7	461,5	3097,5
R10 Presa del Pintor	90	149,1	452,5	3105

### MAPA 3 Telde

18 Barranco Duraznillo	60	78,9	452,5	3092,5
10 Montaña del Gallego	90	96,5	457,5	3092,5
2 Plaza de toros	40	52,6	462	3092,5

### MAPA 4 Aguimes

19 Lomo de la Manga	90	70,2	452,5	3087,5
11 El Mondragón	50	52,6	457,5	3087,5
3 Playa Burrero	70	70,2	461,5	3087,5
20 Montaña de los Perros	50	61,4	452,5	3082,5
12 Arinaga	70	96,5	457,5	3082,5
4 Montaña de Arinaga	50	61,4	461,5	3082,5
R9 Aldea Blanca	50	78,9	452,5	3080

### MAPA 5 Castillo del Romeral

21 Alto de la Ventocilla	70	105,2	452,5	3077,5
13 Pozo Izquierdo	110	140,3	457,2	3077,8

### MAPA 6 Arucas

41 Punta de Guanarteme	55	65,8	437,9	3115,9
42 Casas de Anzófé	160	228,0	437,2	3111,5
31 Cabo Verde	80	87,7	442,5	3112,5
22 Cruz de Pineda	100	105,2	447,5	3112,5
43 Saucillo, Bascamao	60	70,2	437,4	3107,5
32 San Fernando	70	105,2	442,7	3107,6
23 Los Castillos	110	166,6	447,5	3106,9

### MAPA 7 Teror

44 Juncalillo	90	105,2	437,5	3102,5
33 Valsendero	70	114,0	442,4	3102,6
24 Barranco del Cortijo	70	96,8	447,3	3102,6
45 Tumba	190	245,6	437,5	3097,5
34 Las Lagunetas	140	166,6	442,6	3097,4
25 Vega de San Mateo	80	87,7	447,1	3097,5

### MAPA 8 San Bartolomé de Tirajana

46 El Juncal - Ayacata	100	149,1	437	3092,8
35 Pico de las Nieves	60	78,9	442,7	3092,9
26 Caldera de los Marteles	60	83,3	447,5	3092,5
R3 Andén del Toro	65	78,9	443	3095
R2 Ayacata	130	219,2	440	3092,5
R4 El Sequero	60	122,8	442,5	3090
R6 Emisora Pico las Nieves	90	96,5	445,5	3092,5

**MAPA 9**  
**Santa Lucía de Tirajana**

47 Embalse de Chira	130	228,0	437,5	3087,5
36 Degollada de Rociana	110	184,2	442,5	3087,5
27 El Rincón	60	78,9	447,5	3087,5
48 El Arquillo	55	61,4	437,5	3082,5
37 Lomo de los Vicentes	150	263,1	442,5	3082,5
28 Garita - La Barrera	225	219,3	447,5	3082,5
R5 Hoya Grande	130	228,0	445	3087,5
R7 La Sorrueda	70	122,8	447,5	3085
R8 Las Carboneras	110	175,4	450	3082,5

**MAPA 12**  
**Vecindad de Enfrente**

61 Lomo Valdeseca	50	70,2	427,5	3102,5
54 Pinar de Tamadaba	110	175,4	432,5	3102,5
67 Lomo Quemados	70	96,5	422,5	3097,5
62 El Reventón	110	184,2	427,5	3097,5
55 Vega de Acusa	90	114,0	432,5	3097,5

**MAPA 13**  
**San Nicolás de Tolentino**

68 Tocodomán	70	96,5	423,5	3092,5
63 Cueva del Pino	130	201,7	427,5	3092,5
56 Montaña de Sándara	190	350,8	432,5	3092,5

**MAPA 10**  
**Maspalomas**

49 Presa de la Negra	100	157,9	437,5	3077,5
38 Fataga	120	228,0	442,5	3077,5
29 Lomo de los Balos	110	166,6	447,5	3077,5
50 Presa Montaña Blanca	60	131,6	437,5	3072,5
39 Cañada Honda	70	122,8	442,5	3072,5
30 Morro Besudo	90	157,9	447,5	3072,5
40 El Gavioto	60	87,7	442	3068,5

**MAPA 14**  
**Mogan**

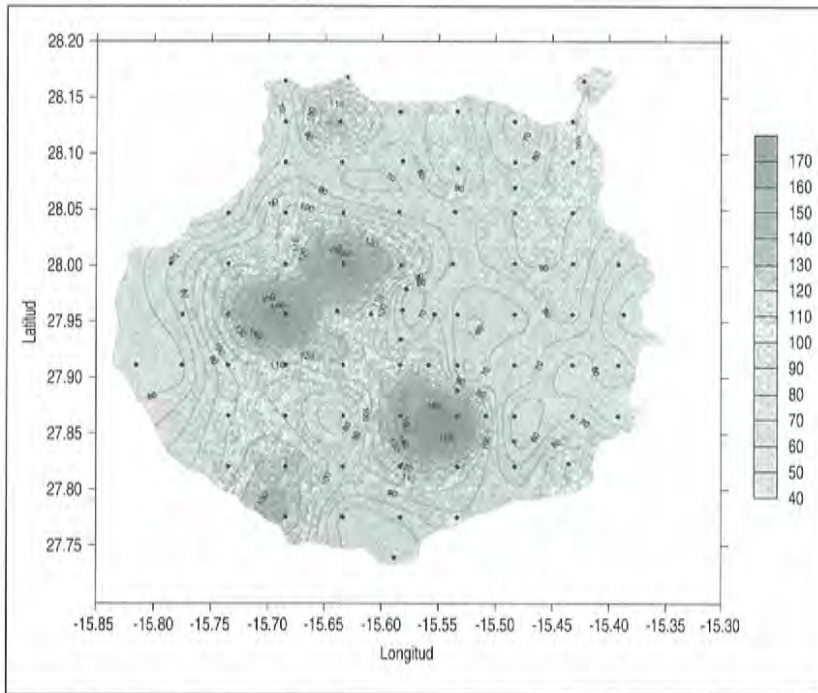
72 Barranco de Tasartico	55	65,8	419,5	3087,5
69 Barranco Las Eras	50	48,2	423,5	3087,5
64 Llano los Pinos	100	149,1	427,5	3087,5
57 Risco Grande	100	192,9	432,5	3087,5
65 Barranco De Mogán	100	175,4	427,5	3082,5
58 Degollada de Cortadores	100	131,6	432,5	3082,5

**MAPA 11**  
**Agæte**

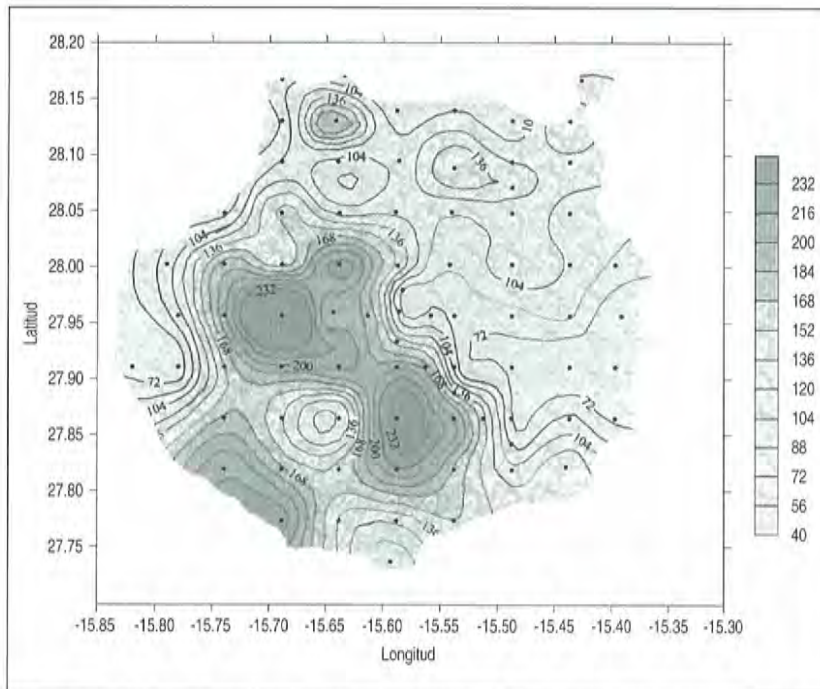
51 El Sobradillo	80	105,2	432,5	3115,5
52 Lomo Gualapa	60	78,9	432,5	3111,5
53 Las Longueras	70	105,2	432,5	3107,5

**MAPA 15**  
**Arguineguin**

66 Cruz de Piedra	100	219,3	427,5	3077,5
59 Lomo de Pinitos Verdes	130	166,6	432,5	3077,5
60 Patalavaca - Verga	140	236,8	432,5	3072,5



**Figura 1.** Mapa Radiométrico de Gran Canaria - 96 (nGy/h). Centelleador de polivinilolueno.



**Figura 2.** Mapa Radiométrico de Gran Canaria - 96 (nGy/h). Centelleador NaI (TI).

## Mapas de radiación gamma natural

- *Mapa 1. Dosis absorbidas en aire, en nGy/h:* En la figura 1 se observa que existen catorce tonalidades de color, del verde al morado, y que representan nGy/h, del 40 al 170, en pasos de 20 nGy/h. La parte oriental de la isla es la de menos tasas de dosis absorbidas. Se observan cinco estructuras con los mayores niveles de dosis absorbidas: una en el sur de la isla centrada en Patalavaca, tres en el centro, Fataga, Tejeda y Los Pinares y una en el norte en Santa María de Guía. Menos marcadas aparecen una elevación con centro en Firgas, también en el norte y otra en la Ciudad de Las Palmas de Gran Canaria
- *Mapa 2. Kerma en aire, en nGy/h:* En la figura 2 se observa que existen trece gamas de colores, con el mismo valor simbólico que en el caso anterior, representan nGy/h, del 40 al 232, a intervalos de 16 nGy/h. Se observa una gran concordancia con el mapa 1. Así, la parte oriental de la isla es la de tasas más bajas encontrándose también cinco estructuras con mayor nivel de Kerma en aire que coinciden con las del mapa 1. No obstante, las elevaciones de Firgas y Las Palmas de Gran Canaria son algo más acusadas.

## Medidas al nivel del mar

Los resultados de las medidas al nivel del mar, realizadas frente a las costas de

Día	Estación	Hora	Latitud N	Longitud W	nGy/h
25	E1	11:10	28° 05.413	15° 23.788	8
25	E2	14:37	28° 05.440	15° 23.610	8
25	E3	16:30	28° 04.915	15° 24.544	8.5
26	E4	15:41	28° 05.320	15° 23.650	10
26	E5	15:50	28° 04.802	15° 23.776	7
26	E6	16:00	28° 04.750	15° 23.768	6

la isla, se exponen en la tabla adjunta. Los resultados obtenidos, en tasas de dosis absorbida, están dentro de lo previsible.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente trabajo sólo tiene en cuenta las fuentes externas de radiación gamma, que se deben a la presencia de los radioisótopos que se encuentran en el suelo, en los materiales de construcción, en el agua y en el aire, la existencia de la radiación cósmica y la formación de radionúclidos cosmogénicos que se producen por interacción de la radiación cósmica con los átomos presentes en la atmósfera, el más importante de los cuales es el carbono 14.

Se empleó una técnica que puede parecer una limitación, pero que en realidad no lo es. Se trata de la forma de medir, que fue en tierra, con lo cual dicha medida es de tipo puntual, y hoy día se están haciendo, de forma complementaria, medidas terrestres y aéreas. En la medida aérea se considera que se abarca la radiación procedente de un círculo de diámetro cuatro veces la altura de vuelo [7]. La medida aérea

ofrece una representación más sintética de la realidad física, frente a la medida terrestre, que es más analítica. Pero el uso de ambas técnicas es sólo para áreas planas muy grandes, como en la Península. En cambio la isla de Gran Canaria es muy abrupta, y sólo se podrían conseguir unas pocas medidas aéreas que complementarían las medidas terrestres.

Debido a que la radiactividad gamma ambiental cambia constantemente según día, hora y estación del año puede parecer ideal medir todos los puntos el mismo día y a la misma hora. El primer punto se midió el 4 de mayo de 1996, y el último el 10 de octubre, y a distintas horas desde las nueve de la mañana hasta las siete y media, antes de que comenzara a oscurecer. No obstante, esta presunta limitación no debe preocupar, pues previamente se comprobó que es casi nula la influencia de la radiación solar en la tasa total, y no se produce variación de esa tasa total a lo largo del día. Hay una suave tendencia al alza de la tasa de dosis conforme se entra en el verano, pero no ejerce distorsión apreciable en los resultados globales obtenidos.

El resultado final y global del mapa de radiación gamma natural es coherente con las características geológicas de la isla de Gran Canaria. Así, los mapas de isolíneas radiométricas definen principalmente varias anomalías en el centro, sur y noroeste de la isla. Teniendo en cuenta la litología asociada a tales anomalías, éstas se corresponden principalmente con materiales del primer y segundo ciclo magmático de la isla (Ciclo Antiguo y Ciclo Roque Nublo). Parte de estos materiales son rocas plutónicas (diques, plutones, etc.) y volcánicas (coladas, ignimbritas, etc) diferenciadas (traquitas, fonolitas y sienitas), es decir, rocas magmáticas donde se acumulan elementos traza como uranio, torio, rubidio y estroncio, elementos de las tierras raras, y mayoritarios como el potasio, los cuales presentan isótopos radiactivos, y por lo tanto procesos de desintegración alfa, beta y gamma. Esta radiactividad natural de los materiales sálicos de la isla se ve reflejada en las anomalías radiométricas que se han descrito en el presente trabajo, aunque quedan un poco difuminadas debido a la escala de la cartografía empleada y a la malla de muestreo realizada [8-10]. La continuación del presente trabajo implica la siguiente mejora: Análisis espectrométrico de las muestras de tierra tomadas en los ochenta y dos puntos de muestreo, y añadir análisis petrológicos y geoquímicos de los materiales rocosos donde se centran las anomalías radiométricas, para discernir el origen de las mismas. Queda por investigar una cuestión curiosa, y es que en la isla parece existir cierta coincidencia entre zonas de

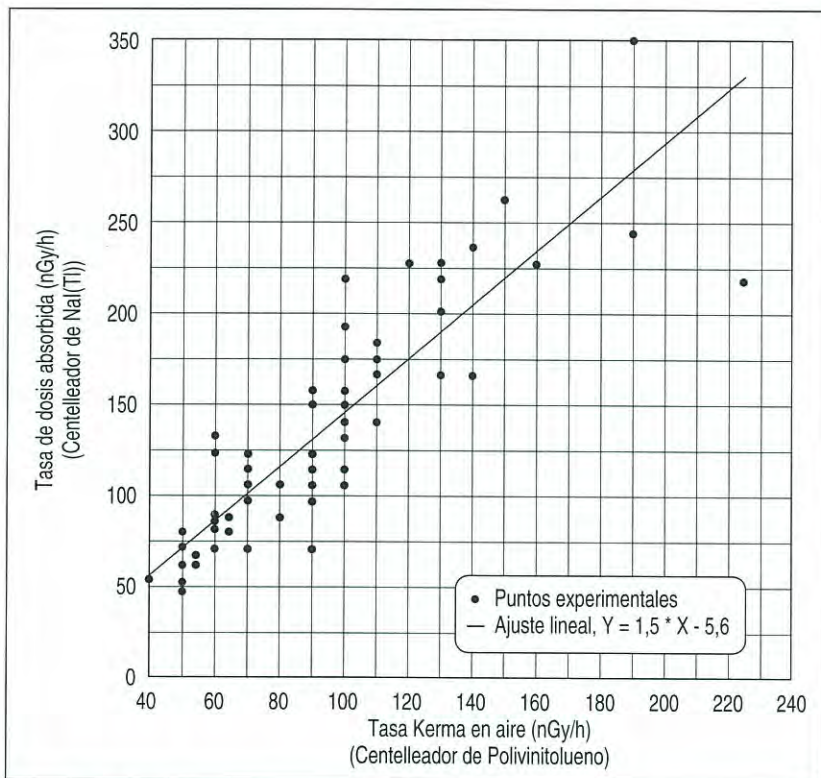


Figura 3. Curva de correlación entre los detectores.

elevada tasa de dosis y zonas con mayor cantidad y densidad de endemismos de la flora macaronésica.

La medida radiométrica doble (en tasas medias de Kerma en aire y de dosis absorbidas) enriquece el trabajo. Hay una cierta correlación entre ambos tipos de medidas, pero no es de representación matemática sencilla dada la complejidad del fenómeno físico. En la figura 3 se representan las medidas con los dos detectores: en abscisas las medidas de Kerma en aire, y en ordenadas las medidas de dosis absorbida. El coeficiente de correlación entre ambas medidas es de 0.7628, que, teniendo en cuenta los erro-

res en este tipo de medidas (del orden de 10 al 20%), se puede considerar como bastante bueno. Un factor a tener muy en cuenta es la distinta geometría de los volúmenes sensibles de ambos detectores.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo expresan su agradecimiento al Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, por la subvención del proyecto y a todos los compañeros del Departamento de Física que han ayudado en la realización del mismo.

#### REFERENCIAS

1. United Nations Committee of the Effects of Atomic Radiation, "Sources, effects and risk of ionizing radiation", Report to the General Assembly, with annexes. Annex A. New York, 1988.
2. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), "Realidades en torno a las radiaciones de bajo nivel", Viena, 1989.
3. M.R. Green, J.S. Hughes and P.R. Lomas, "Radiation Atlas: Natural Source of Ionising Radiation in Europe", Commission of European Communities, 1991.
4. J.L. Martín Matarranz, G. López Ortiz, G. Hernando Martínez y R. Salas Collentes, "Bases y criterios técnicos para el establecimiento de la red de vigilancia radiológica a nivel nacional (REVIRA)", Consejo de Seguridad Nuclear, Documento CSN/VIRAM/GEN-PR000/6/1-88, Madrid, 1988.
5. Consejo de Seguridad Nuclear, "La Red de Vigilancia Radiológica Ambiental", Edición del CSN, Madrid, 1993.
6. Pedro Coll Butí "Fundamentos de dosimetría teórica y protección radiológica" (vols. I y II) ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. 1990.

7. E. Suárez Mahou y J. A. Fernández Amigó, "El proyecto MARNA. Mapa de radiación gamma natural", Revista de la Sociedad Nuclear Española, nº 153, 31 mayo 1996.
8. L. Garzón Rupérez, "Radiactividad y Medio Ambiente", Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo, 1979.
9. W. Kemet, "Handbook of Environmental Radiation", CRC Press, Florida, 1982.
10. F. J. Samper Calvete, J. Carrera Ramírez "Geoestadística. Aplicaciones a la hidrología subterránea". Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería. UPC. 1990.



# ¿DENTRO O FUERA DEL SISTEMA REGULADOR? SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS



*Desde el punto de vista estrictamente físico, la práctica totalidad de las sustancias existentes en la Tierra contienen isótopos radiactivos, aunque a veces en cantidades muy pequeñas.*

*Dado que las radiaciones ionizantes suponen un riesgo para la salud humana, a lo largo del tiempo se ha ido configurando un sistema de protección radiológica que constituye la base del Marco Regulador para el control de los materiales radiactivos y de las actividades humanas que los utilizan.*

*Sin embargo, no todas las situaciones de exposición a radiaciones ionizantes son susceptibles de control y, además, existirán casos en que el riesgo radiológico sea suficientemente pequeño o tan poco susceptible de ser reducido, que no merezca la pena dedicar recursos significativos para su control, que podrán entonces dedicarse a otras tareas.*

*El artículo analiza la situación actual respecto a los criterios existentes para decidir qué debe estar dentro y qué puede quedar fuera del Marco Regulador y explora cuál puede ser el devenir próximo de los mismos, a la luz de las iniciativas más actuales en el ámbito internacional.*

*From a strictly physical point of view, almost all of the substances existing on the Earth have radioactive isotopes although sometimes the quantities are very small.*

*Given that the ionizing radiations pose a risk for human health, a radiology protection system has been devised over the years and forms the base of the Regulator Framework for the control of radioactive materials and for the human activities that use them.*

*However, not all the situations in which there is exposure to ionizing radiations are susceptible to control, and in addition, there would be cases in which the radiology risk would be small enough or so incapable of being reduced that it is not worthwhile dedicating significant resources to control them that could otherwise be used for other tasks.*

*This article analyzes the present situation regarding the existing criteria to decide what should be considered within and what should be excluded from the Regulation Framework and examine what could occur with these in the near future in the light of the newest initiatives in the international environment.*

P. Carboneras  
Martínez, M. T. Ortiz  
Ramis  
ENRESA-España



## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista estrictamente físico, la práctica totalidad de las sustancias existentes en la Tierra son materiales radiactivos, aunque en muchos casos su contenido radiactivo es muy pequeño. En la propia existencia de nuestro Planeta y del Sistema Solar al que pertenece, la radiactividad ha jugado y juega un papel esencial.

Las radiaciones ionizantes suponen un riesgo para la salud humana; por eso, desde hace muchas décadas, las actividades en las que están implicados materiales radiactivos, se regulan y controlan para asegurar el cumplimiento de los preceptos de un Sistema de Seguridad y de Protección Radiológica que constituyen la base de un Sistema Regulador bastante armónico a nivel mundial (1-3). Este Sistema asume la idea de que existe un nivel de riesgo radiológico que resulta irrelevante, de que existen exposiciones que resultan básicamente imposibles de controlar y de que se acepta la existencia de algún riesgo residual a causa de actividades beneficiosas, una vez que éste se haya limitado por todos los medios razonables.

Efectivamente, en algunos casos, hay exposiciones a radiaciones ionizantes que no son susceptibles de ser controladas y, en consecuencia, se excluyen del sistema de control. En otros casos, aunque dicho control es factible, las cantidades de material radiactivo implicado son tan pequeñas, que el riesgo radiológico asociado es mínimo y se puede considerar innecesario gastar recursos para aplicar el Sistema Regulador a las actividades humanas relacionadas con su utilización.

Cuando la decisión se toma antes del inicio de la actividad, se dice que dicha actividad y las fuentes de radiación asociadas a ellas están exentas de los requisitos del Sistema Regulador (exemption). También puede ocurrir que las fuentes de radiación procedan de actividades sometidas al Sistema Regulador, pero que su contenido radiactivo sea tan bajo que su gestión ulterior pueda hacerse fuera del Sistema Regulador y, en este caso, tales materiales pueden ser desclasificados o dispensados (clearance)

No puede ocultarse la importancia que tienen los conceptos antes indicados (exclusión, exención y desclasificación o dispensa). Su aplicación consistente es parte esencial del Sistema de Protección Radiológica en vigor y resulta, por tanto, necesaria en un marco de coherencia. Por ello, desde hace bastante años, se han dedicado esfuerzos importantes a definir y establecer el marco preciso para su aplicación armónica, tanto a nivel internacional, como en diversos países (4-8). No debe olvidarse que tanto los materiales que forman parte de las actividades exentas, como los que son desclasificados, no son distinguibles, administrativamente, de los materiales "no radiactivos", y en tal sentido pueden incorporarse al mercado internacional de materiales y viajar de un país a otro.

## DESARROLLO HISTÓRICO

Hace alrededor de 20 años que, en el campo de las actividades con materiales radiactivos, se introdujo el concepto "de minimis", en el contexto de la "London

Dumping Convention". Efectivamente, en el año 1978 y en el curso de la revisión de las definiciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) aplicables para dicha Convención, se estableció (9) que ningún material está totalmente libre de radiactividad; que claramente no era intención de la Convención que se tratara como potencialmente radiactivo a cualquier material, y que, en consecuencia, era necesario definir algún nivel "de minimis" de actividad específica (contenido radiactivo), por debajo del cual un material no tuviera que ser considerado como radiactivo, a efectos de la Convención.

Este tema fue tratado de nuevo por el OIEA, y en 1981 se publicó un documento técnico (10), en el que se proponía usar un criterio de dosis individual de 10  $\mu$ Sv/año y se recomendaba que se desarrollaran las bases científicas para convertir dicho criterio en magnitudes más operacionales (actividad total o concentración de actividad).

Algunos años más tarde, se extendió el concepto "de minimis" a la incineración y la disposición de residuos en vertederos (11) y, en consecuencia, se tuvieron que generalizar los criterios radiológicos originales y desarrollar una metodología para convertir una dosis "de minimis", en unas concentraciones "de minimis" (12).

En el año 1988 se alcanzó un amplio consenso internacional sobre los principios y criterios básicos a usar para aplicar la exención del control regulador a fuentes radiactivas y a prácticas (actividades) (4). Para aplicar la exención, entendido el concepto en sentido amplio:



- a) El riesgo individual debía ser suficientemente bajo como para no resultar de preocupación para el regulador
- b) La protección radiológica debía resultar optimizada, teniendo en cuenta el coste asociado al control regulador.

Se resaltaba entonces que el objetivo era aplicar la exención a fuentes y prácticas (actividades) que fueran inherentemente seguras y que no debería aplicarse si existían posibilidades de que se pudieran originar dosis en exceso de las indicadas. Del mismo modo, la exención no debería usarse como mecanismo para evitar la aplicación de controles que de otro modo resultarían aplicables, mediante la utilización de diluciones o por la división de una práctica.

En 1990, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) publicó sus recomendaciones más actuales (1), donde se reconoce que la exención de fuentes y prácticas es un componente importante de las funciones reguladoras, y se enuncian los dos criterios radiológicos básicos a respetar para su aplicación: 1) la fuente debe originar dosis individuales y colectivas pequeñas tanto en condiciones normales como accidentales, y 2) no se obtendrán reducciones significativas en tales dosis, por el uso de procedimientos razonables de control adicionales. Complementariamente, se indica que si el uso de una fuente está exento, también debería estarlo su posterior evacuación o eliminación.

A partir de los desarrollos históricos descritos al nivel de criterios, tanto el OIEA (2), como la Unión Europea (3) han definido y

establecido sus normas básicas en las que se han introducido las guías para la aplicación coherente y responsable de estos conceptos. (Ver capítulos siguientes). Puede decirse que en dichas normas existe una claridad y nivel de detalle muy razonable para la aplicación de la exención, con dificultades para el tratamiento de la radiactividad natural; en cambio, son claramente insuficientes las guías ofrecidas para aplicar la desclasificación o dispensa, y este tema está requiriendo esfuerzos y desarrollos adicionales por parte

de los diversos organismos internacionales y de algunos países, en un proceso que se lleva a cabo de forma desesperadamente lenta, por causas que difícilmente pueden entenderse como técnicas.

**CONCEPTOS BÁSICOS Y NOMENCLATURA (13) (Figuras 1 y 2)**

El texto que sigue está tomado básicamente de la referencia 13, aun cuando

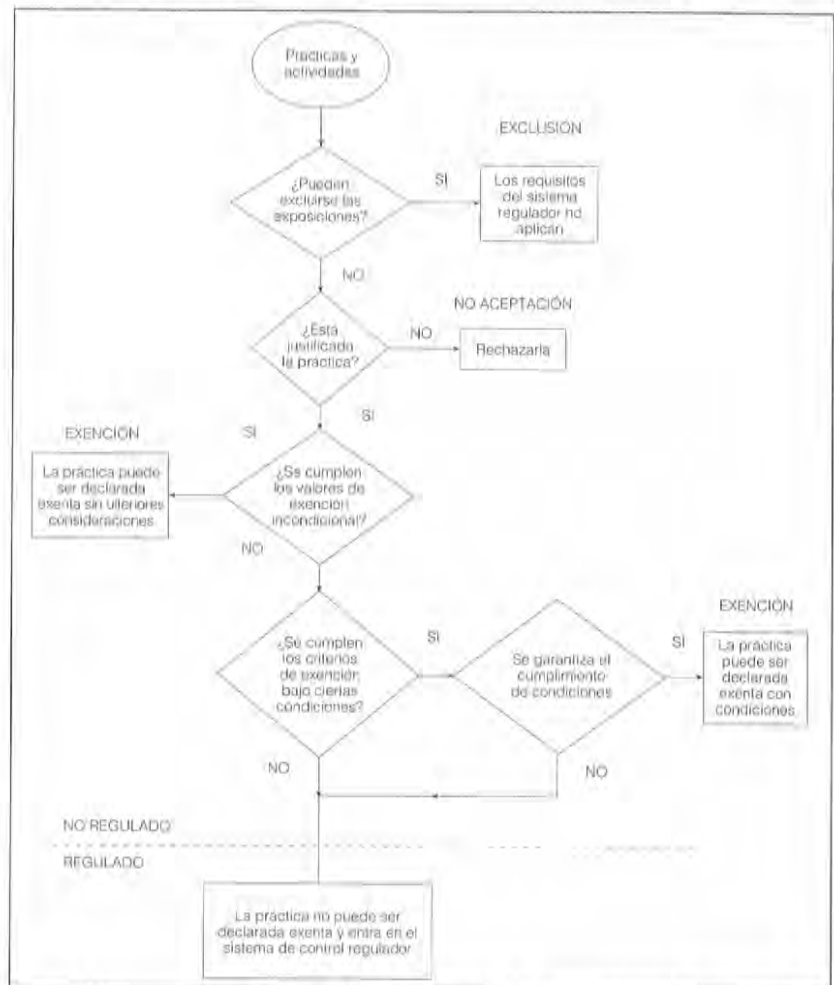


Figura 1. Esquema de decisión para la exclusión de exposiciones y la exención de prácticas del control regulador.

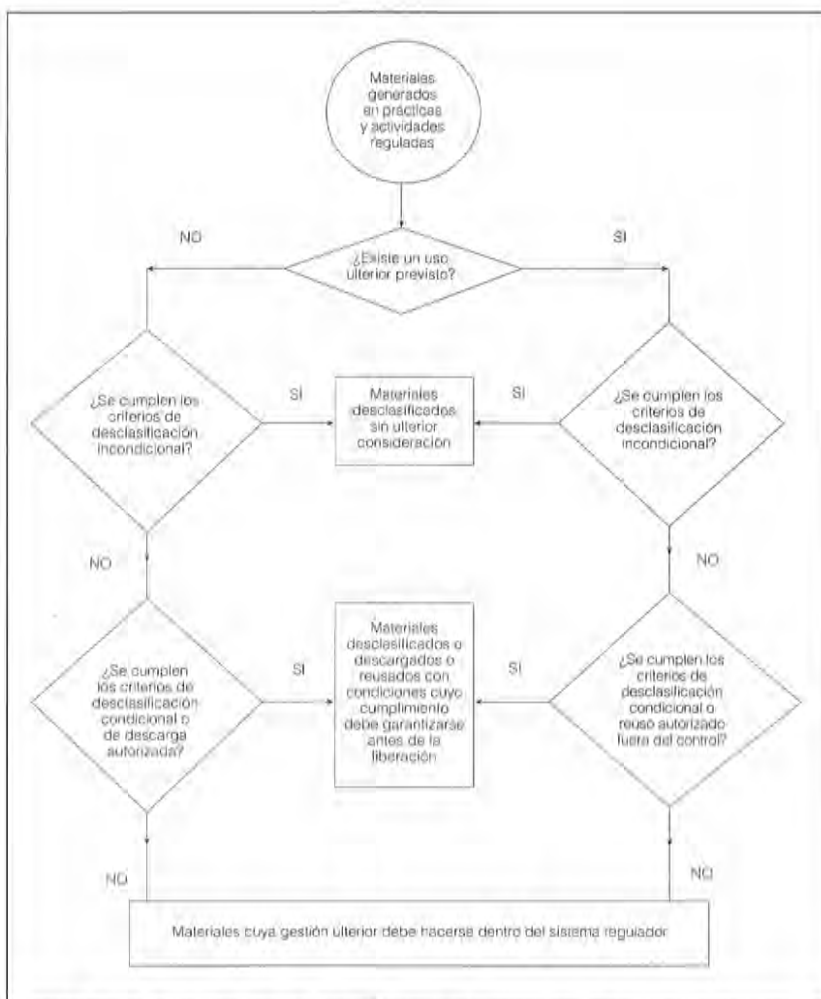


Figura 2. Esquema de decisión para la gestión de materiales radiactivos procedentes de prácticas y actividades reguladas.

los autores hacen su propia interpretación de la misma, que aún se encuentra en fase de discusión.

• **Exclusión (exclusion)**

El Sistema Regulador reconoce que existen exposiciones que son esencialmente no controlables y las excluye de su alcance. Estas exposiciones son parte

del ambiente humano natural. Es importante resaltar que el concepto de exclusión se aplica a la exposición y no a la práctica o la fuente que la originó.

Un ejemplo tenido por clásico es el de la exposición a causa del K-40 del organismo humano. Otro sería la exposición a la radiactividad natural, pero aquí ya surgen dificultades conceptuales y es necesario ser muy preciso, para asegurar que dicha exposición no esté afectada

por la acción humana y valorar cuándo se considera "esencialmente no controlable".

• **Exención (exemption)**

La exención se aplicaría a fuentes y prácticas no excluidas y debidamente justificadas, cuando el riesgo radiológico sea suficientemente bajo como para que no resulte adecuado dedicar recursos a su control mediante la aplicación del Sistema Regulador.

Como se observa, la decisión se debe tomar antes de que la fuente o práctica se desarrolle, y el control regulador no llega a establecerse.

• **Desclasificación o dispensa (clearance)**

En el desarrollo de prácticas y actividades sometidas al control regulador, se generan materiales radiactivos (tanto residuales como reusables), que pueden ser gestionados fuera del control regulador, si el riesgo radiológico asociado a dicha gestión es suficientemente bajo.

En este caso se habla de la desclasificación o dispensa de tales materiales radiactivos (o lo que sería lo mismo, la exención de la gestión ulterior de los mismos).

Como se observa, el control regulador sobre dichos materiales es total hasta que la autoridad reguladora decida su desclasificación, y ésta puede ser:



*Incondicional.* Cuando en el momento de decidirse no se impone restricción alguna sobre la gestión ulterior de dichos materiales.

*Condicional.* Cuando sí que se imponen restricciones, pero antes de aceptar la desclasificación y sobre el agente (titular) de la práctica o actividad que genera los materiales desclasificados.

#### • Descarga o reuso autorizados (authorized discharge or reuse)

Se trata de la liberación directa al medio ambiente o la entrega a otro usuario no sometido al control regulador, de ciertos materiales radiactivos producidos en prácticas y actividades reguladas, según las condiciones impuestas por las Autoridades Reguladoras, que pueden referirse a la cantidad y forma del material (se aplica comúnmente a líquidos y gases), al ritmo de la emisión, a las condiciones ambientales, etc.

En teoría estas descargas se podrían aplicar para materiales que no cumplirían los criterios de desclasificación pero, para los cuales, esa descarga o uso sea la solución óptima desde el punto de vista regulador. También se dice que, en este caso, una peculiaridad es que se realiza un control en el punto y momento de la descarga y una vigilancia sobre el impacto en el medio ambiente.

Los autores no ven diferencia conceptual alguna con la desclasificación, ya que en ambos casos hay una decisión positiva de la Autoridad Reguladora sobre qué se puede hacer, y un control pleno

sobre cómo se hace, hasta el momento en que se ha hecho. Sobre la significación de la vigilancia ambiental habría mucho que hablar, dependiendo del tipo de isótopo, del tipo de receptor, etc.

En todo caso y básicamente por razones históricas, quizás convenga mantener ambos conceptos, pero se sugiere que no se presenten como conceptos claramente diferenciados, sino más bien como muy próximos y relacionados.

#### • Intervenciones

Cuando se está en presencia de una intervención, es decir, de una situación en la que el objetivo de protección radiológica es el de reducir dosis y exposiciones existentes, todo el marco anterior queda sin efecto y las actuaciones deben enmarcarse en el ámbito que rige para las mismas; esto es:

- La intervención debe estar justificada.
- El alcance y extensión de las acciones de remedio deben optimizarse.

En opinión de los autores, la gestión de los materiales residuales o reusables generados debería formar parte de la valoración del alcance y extensión de la intervención, con vistas a su optimización.

### FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA APLICABLES

Los principios generales de protección radiológica aplicables para la exención y

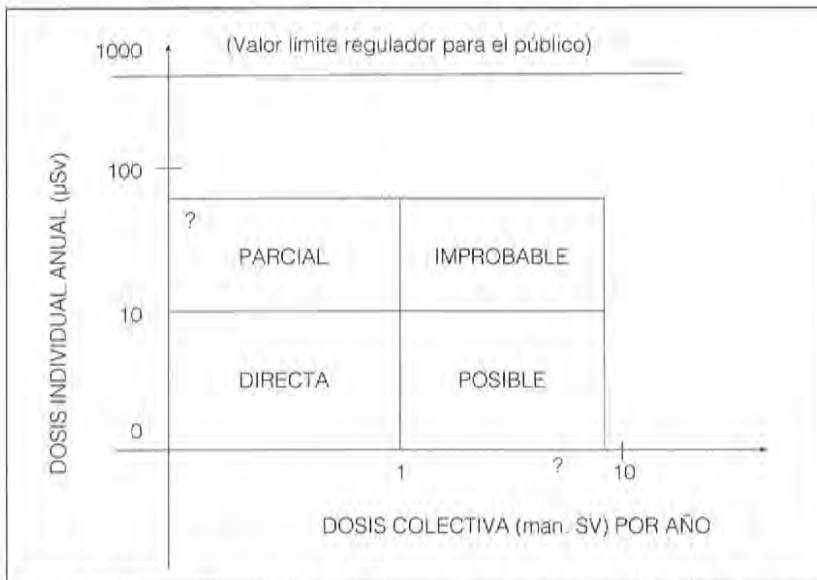
la desclasificación, definidos internacionalmente, son (1-4, 14):

- El riesgo radiológico individual a causa de la práctica o fuente exenta (desclasificada) debe ser suficientemente bajo como para no resultar preocupante a efectos reguladores.
- El impacto radiológico colectivo debe ser suficientemente bajo como para no requerir el control regulador en las circunstancias existentes.
- La práctica o fuente exenta (desclasificada) debe ser inherentemente segura, con una probabilidad despreciable de que existan escenarios que puedan conducir al incumplimiento de los criterios anteriores.

Las exposiciones de los individuos pueden ser debidas a diversas prácticas o fuentes; por ello, para cada práctica o fuente se deben cumplir los siguientes criterios:

- La dosis efectiva anual que se induciría a miembros individuales del público debería ser del orden de  $10\mu\text{Sv}$  (o menor).
- La dosis efectiva colectiva por cada año de práctica debería ser menor o igual a  $1\text{ man.Sv}$ , o bien una evaluación debería mostrar que la exención (desclasificación) es la forma óptima de gestión (desde el punto de vista de la protección radiológica).

A lo largo de los últimos años ha habido (y aún subsiste) un amplio



**Figura 3.** Criterios de protección radiológica para la aplicación de la exención y la desclasificación.

debate, no siempre objetivo, sobre el significado exacto de los criterios anteriores y sobre la mejor forma de aplicarlos en la práctica. Parece claro que el énfasis se debe hacer en la aplicación rigurosa del principio de "Optimización", y que existe cierta posibilidad de interpretación de los criterios anteriores por parte de las autoridades reguladoras nacionales en función de las circunstancias específicas de cada caso. (Figura 3) (15).

Sin embargo, los anteriores criterios están expresados en magnitudes que no son directamente medibles y aplicables en la práctica y es necesario convertirlos en otros criterios derivados que sí que lo sean, tales como la actividad total (Becquerelios), o la concentración de actividad (Becquerelios por unidad de masa o por unidad de superficie).

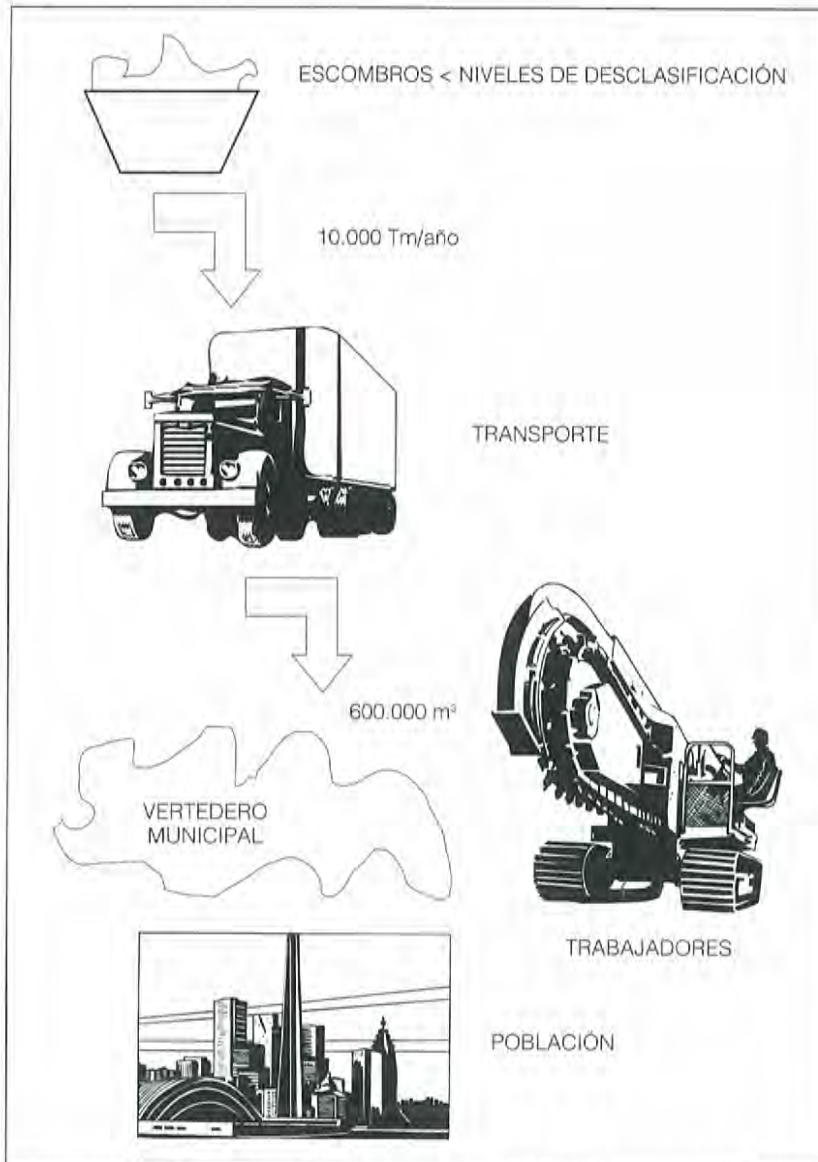
Para el cálculo de estos valores derivados para aplicar la exención o la desclasificación, es necesario realizar el análisis de cuál sería el impacto radiológico en las posibles situaciones (escenarios) a fin de poder deducir aquellos valores de actividad o de concentración de actividad que garanticen el cumplimiento de los criterios radiológicos de dosis aplicables.

Estos análisis tienen un cierto grado de complejidad matemática (ver un ejemplo esquemático de la figura 4), y suelen requerir el uso de modelos de cálculo, de los que existe una amplia variedad. Pero mucho más importante que el propio modelo, es el planteamiento adecuado del problema a resolver para asegurar su representatividad, lo que requiere:

- Definición de la práctica o de la fuente.
- Definición del proceso a que pueden estar sometidas las fuentes candidatas a la exención o desclasificación. (Ver por ejemplo la figura 5 que describe el proceso para el reciclado de metales).
- Definición de los escenarios de exposición a considerar.
- Introducción de datos a los modelos.
- Análisis de resultados. Estudios de sensibilidad, etc.

Es fácil ver que no siempre existen respuestas únicas para los puntos anteriores y por esto es absolutamente esencial el consenso internacional para la obtención de valores derivados para aplicar la exención o la desclasificación de forma general, aunque siempre sea posible plantear adicionalmente casos concretos a nivel nacional, por ejemplo, en que tales respuestas puedan ser definidas con notable precisión y especificidad.

Esto se ha hecho ya a nivel internacional, tanto por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2), como por la Unión Europea (3) para el caso de la aplicación de la exención de forma directa o incondicional, habiéndose generado una lista exhaustiva de valores numéricos para cada radionúclido. En ambos casos se permite el uso de otros valores diferentes, siempre que se garantice el cumplimiento de los criterios de protección radiológica.



**Figura 4.** Ejemplo esquemático de planteamiento de una evaluación para obtener valores derivados para aplicar exención o desclasificación.

Estos valores fueron considerados durante el proceso de revisión de la normativa del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos que condujo a la edición de 1996 (16), estimándose que algunos de ellos no resultaban estricta-

mente aplicables al caso del transporte, teniendo en cuenta algunos escenarios de exposición específicos. Sin embargo, por las evidentes ventajas de coherencia y comprensión pública que se derivaban, se decidió aceptar los valores derivados

de exención de la referencia 2, también a efectos de transporte (salvo alguna excepción), complementando con otros valores para el caso de contaminación superficial promediada sobre  $300 \text{ cm}^2$ , como sigue:

- $0,4 \text{ Bq/cm}^2$  para emisores  $\beta, \gamma$  y emisores  $\alpha$  de baja toxicidad.
- $0,04 \text{ Bq/cm}^2$  para el resto de emisores  $\alpha$ .

Finalmente, para el transporte de materiales naturales para un uso que no se deba a sus propiedades radiactivas, se ha elegido un valor 10 veces superior al de los valores universalmente aceptados para las exenciones (2).

La situación no está igual de desarrollada ni resulta tan armónica para el caso de la desclasificación o dispensa (clearance). Existen diversos documentos técnicos preparados tanto en el OIEA, como en La Unión Europea (5-7, 17), que pueden ser usados como una referencia muy útil por parte de las autoridades reguladoras nacionales, y que deben actuar como punto de partida de los próximos desarrollos internacionales en esta importante materia, que están ya en marcha, como se verá un poco más adelante.

Para algunos de estos cálculos y de modo complementario a los criterios radiológicos antes expresados, se han empleado también los siguientes criterios:

- $50 \text{ mSv}$  por año para dosis a piel, para ciertos radionúclidos.

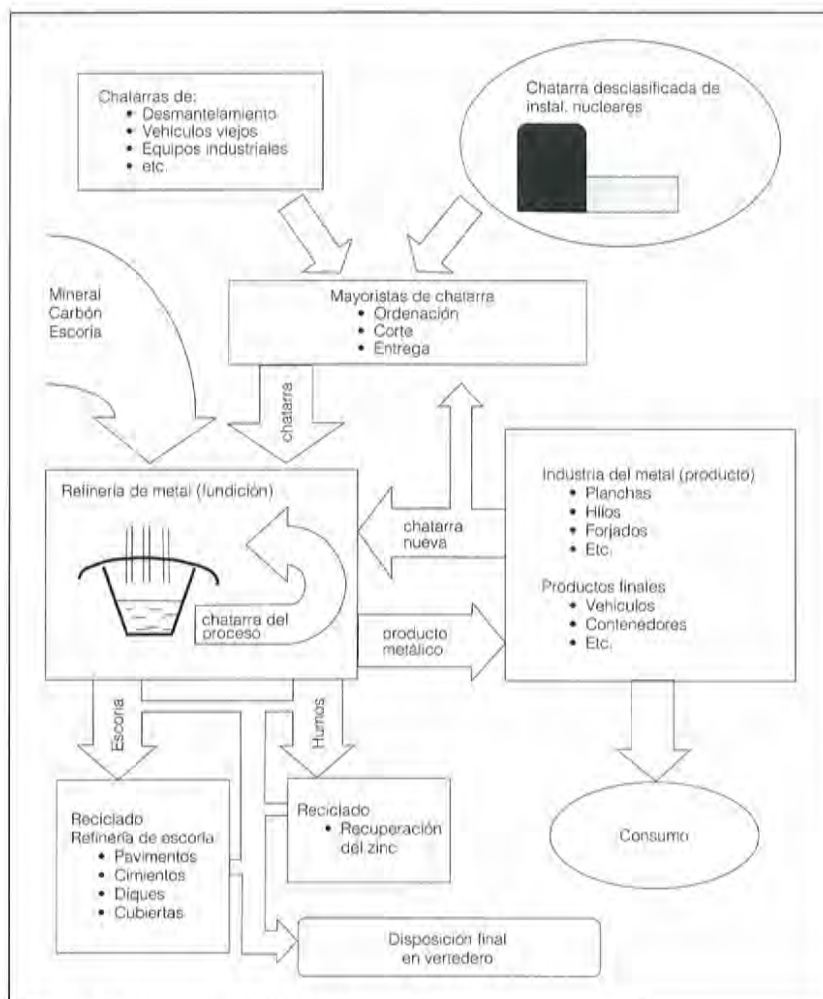


Figura 5. Diagrama de reciclado de chatarras.

- 1 mSv por año para trabajadores, en escenarios de exposición poco probables.

Desgraciadamente los valores numéricos que se ofrecen en las referencias indicadas y otros muchos que están siendo calculados en diversos foros y para diferentes propósitos, distan mucho de ser armónicos y coherentes (Figuras 6 y 7), con lo que el riesgo de confusión es alto,

y hasta tanto que se logra (si todos cooperamos) el deseado consenso y armonización internacionales corresponde a las Autoridades Regulatoras Nacionales tomar sus propias decisiones basadas en los criterios de protección radiológicos aceptados comúnmente y en las referencias internacionales usadas con criterio. Ver referencia 14, por ejemplo, para el caso español, aunque existen multitud de otros ejemplos en diversos países.

## GUÍAS PARA APLICAR LA DESCLASIFICACIÓN O DISPENSA

Es clara, entonces, la necesidad de disponer de una aproximación armónica y ampliamente consensuada en este tema, aunque sólo sea por dos razones: 1) para evitar contribuir a la confusión en la opinión pública, y 2) por la existencia de mercados internacionales (por ejemplo el de chatarras metálicas).

En el OIEA y dentro de su programa de desarrollo de normativa y guías (que en el campo de la gestión de los residuos radiactivos de denomina RADWASS), está planteada en este momento la generación de dos documentos, dentro de la colección "Safety Standards", con el nivel de "Safety Guide", que se referirán, respectivamente (18) y (19):

1. A definir los criterios que se deberán seguir para aplicar la desclasificación, considerando una visión amplia del tema y asegurando que se contemplan todas las situaciones que son imaginables en el momento actual.

2. A definir la metodología y el procedimiento a utilizar en la práctica para su aplicación, contemplado los aspectos de registro, medida, control de cumplimiento de criterios, etc.

Para la generación de estos dos documentos, se partirá de la situación internacional existente que, como se ha indicado, es muy homogénea a nivel de criterios de protección radiológica a utilizar y bastante menos a nivel de los valores derivados

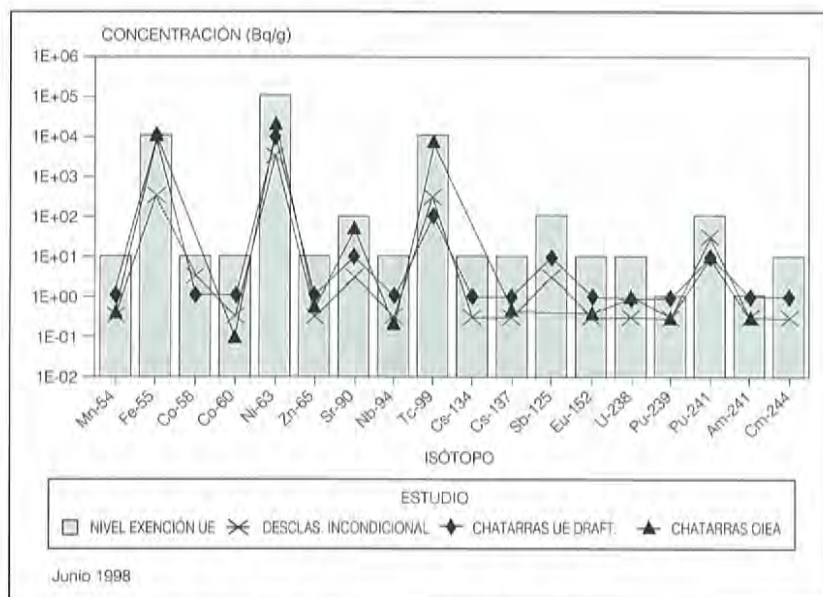


Figura 6. Desclasificación de chatarras metálicas. Fundición.

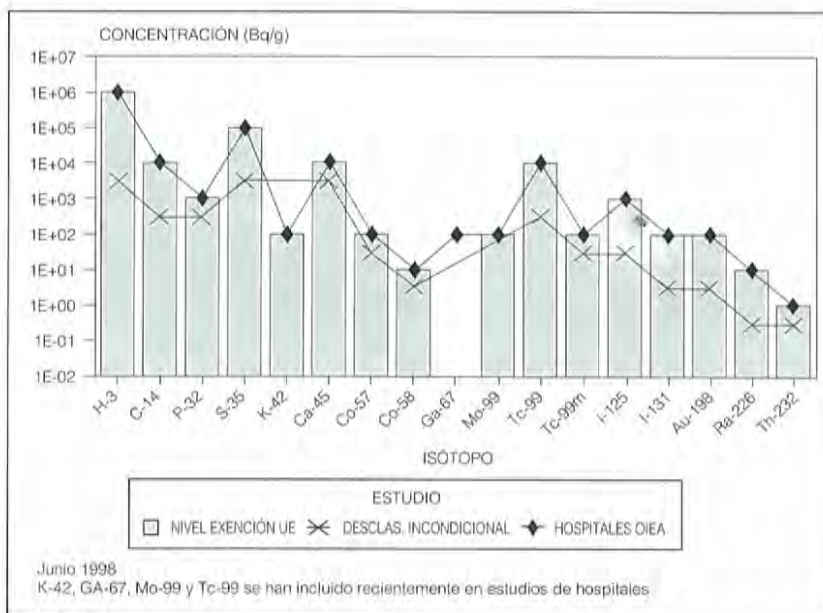


Figura 7. Desclasificación de sólidos de hospitales y centros de investigación.

una decisión positiva por parte de las autoridades reguladoras nacionales y sobre cuya utilización se mantiene un control pleno sobre la producción hasta el momento de la liberación. El sistema definirá previsiblemente, no sólo los criterios y valores derivados de posible utilización, sino también el mecanismo de garantías para asegurar su uso responsable por parte de los diversos agentes implicados.

### VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LOS CRITERIOS DEFINIDOS

Como se ha indicado, los criterios de protección radiológica para aplicar la exención y la desclasificación, se definen en términos de impacto radiológico, que para su uso práctico, se transforman en criterios derivados, expresados en términos de actividad total (Bequerelios) o de actividad específica (Bq/gr ó Bq/cm<sup>2</sup>)

Para la aplicación práctica de la desclasificación de forma garantizada, se están definiendo a nivel internacional una metodología y unos procedimientos que se orientarán básicamente a dejar constancia técnica, formal y documentada de que se cumplen las condiciones impuestas. Parte muy importante lo constituirá, previsiblemente, el sistema de medida para la verificación de que el contenido en actividad de los materiales candidatos a ser desclasificados, no excede los valores derivados definidos.

para su aplicación práctica. Se pretende configurar un sistema coherente que presente la desclasificación como un modo

absolutamente responsable de aplicación consistente de los principios universales de protección radiológica, que necesita

Esta verificación puede hacerse de diferentes maneras:



- a) Mediante medidas directas sobre el material.
- b) Analizando muestras representativas en el laboratorio.
- c) Mediante el uso de "factores de escala".
- d) Otros métodos aprobados por la Autoridad Reguladora.

Cuando se trata de aplicar la verificación a grandes cantidades de materiales o a amplias zonas o grandes estructuras, es siempre necesario producir agrupaciones o zonificaciones de los mismos en base a la similitud de sus características para aplicar los métodos y procedimientos precisos de cara a su desclasificación, que excederán con mucho la simple realización de medidas (Figura 8).

Existen varias publicaciones dedicadas a describir y a presentar diferentes métodos de medida, equipos y técnicas que pueden usarse para la verificación del cumplimiento con los niveles de desclasificación establecidos. En general estos métodos se basan en el conocimiento previo de la composición isotópica típica de los materiales candidatos.

En la aplicación de estos métodos y procedimientos pueden emplearse diversas técnicas y equipos de medida para la caracterización radiológica. Para su selección se deben tener en cuenta los dos aspectos siguientes:

- Los materiales candidatos a ser desclasificados deben agruparse homogéneamente, según su composición y origen, buscando la aso-

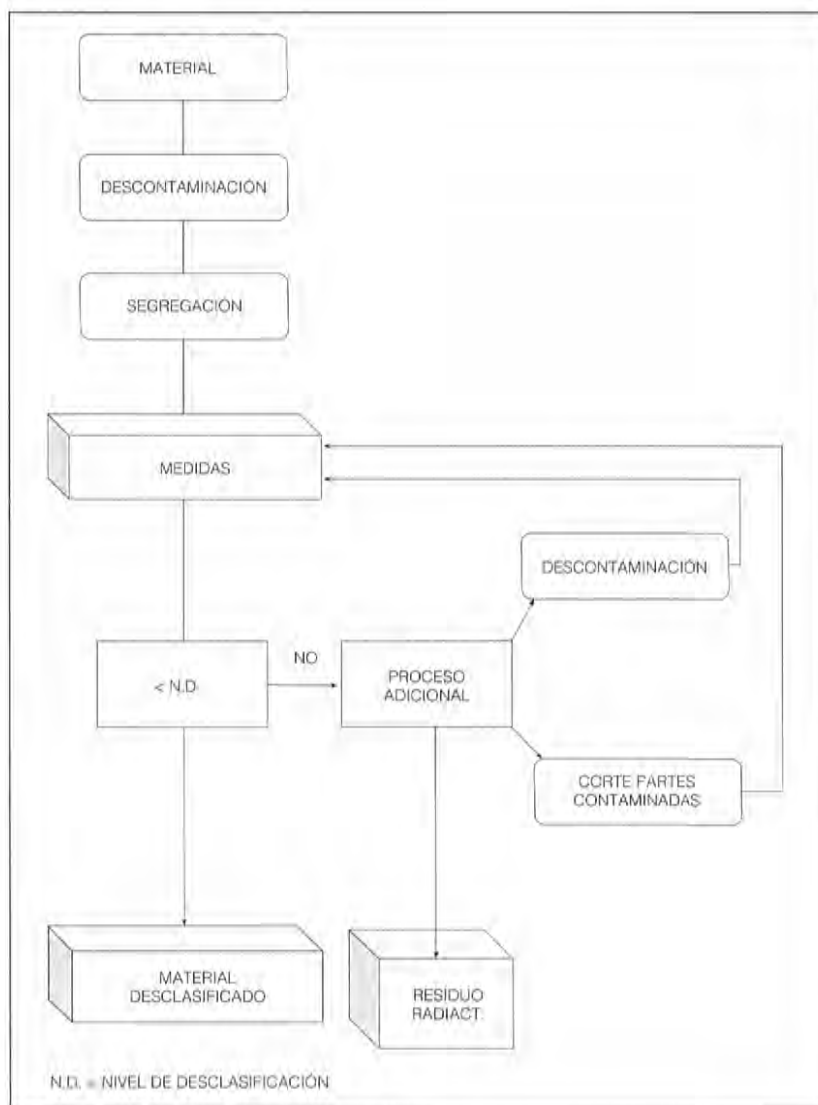


Figura 8. Procedimiento de desclasificación.

ciación con el correspondiente espectro isotópico.

ponible sobre la historia operativa asociable a los diversos materiales.

- Los aspectos isotópicos deben definirse a partir del análisis de muestras o caracterizaciones radiológicas previas muy precisas, teniendo en cuenta también la información dis-

En el Anexo 1 se describen con mayor detalle diversos aspectos técnicos relativos al tema de la verificación del cumplimiento con los niveles de desclasificación establecidos.



## CONSIDERACIONES SOBRE LA RADIATIVIDAD NATURAL

La Norma Básica del OIEA (2) y de la Unión Europea (3), han incorporado en su alcance y contenido la protección frente a las exposiciones debidas a fuentes de radiación natural.

Genéricamente hablando, ambas normas preconizan el uso de la *exclusión* cuando se trate de exposiciones a causa de la radiactividad natural no alterada por la acción humana, aunque existen matices diferenciales entre ambas:

- El OIEA indica, como ejemplo, que se excluyen las exposiciones a causa de la concentración no modificada de radionúclidos en la mayoría de los materiales básicos.
- La UE, por su parte, indica que, entre otras, se excluyen las exposiciones debidas a los radionucleidos presentes en la corteza terrestre no alterada y se define lo que se entiende como tal.

Igualmente, ambas normas indican que deben tratarse como *prácticas* las actividades en las que los radionúclidos naturales han sido procesados a causa de sus propiedades radiactivas, fisiles o fértiles. (Minería y procesamiento del Uranio y el Torio, por ejemplo).

Para el tratamiento a dar a las restantes actividades que implican el uso de materiales que contienen radionúclidos naturales, ambas normas tienen una aproxi-

mación paralela en el fondo, que es la de dejar el tema a la decisión de las Autoridades Nacionales, pero la forma en que se expresan es apreciablemente diferente:

- El OIEA indica que las exposiciones a estas fuentes naturales serán consideradas normalmente como situaciones de exposición crónica y, cuando fuera necesario, estarían sometidas a los requisitos de las *intervenciones*, excepto:

a) Las exposiciones del público a causa de los efluentes o la gestión de los residuos radiactivos de una práctica que implique radionúclidos naturales, serán sometidas a los requisitos de las prácticas, excepto si la exposición está excluida o la práctica o fuente exenta.

b) Las exposiciones ocupacionales de trabajadores a fuentes naturales estarán sometidas a los requisitos para prácticas si tales fuentes conducen a:

– Exposición a radón, requerida directamente por el trabajo, con independencia del nivel, excepto si la exposición se excluye o la fuente es exenta.

– Exposición al radón, incidental con el trabajo, si se superan los niveles de acción excepto si la exposición se excluye o la fuente es exenta.

– Exposiciones que deban ser sometidas a estos requisitos a juicio de las Autoridades Reguladoras.

- Por su parte la UE introduce el concepto de "actividades profesionales" para definir a este conjunto de actividades, y la Directiva (3) les dedica un Título específico, que básicamente indica que:

a) Cada país miembro debe hacer un estudio de ellas, para determinar su significación radiológica, tanto para los trabajadores como para el público.

b) En base a ello se decidirá a nivel nacional cuáles de estas actuaciones quedan fuera del Sistema Regulador; cuáles se tratan como prácticas (y con qué implicaciones), y cuáles como intervenciones.

Como es natural y para ayudar a la homogeneidad, la Comisión Europea ha publicado guías técnicas para ayudar a las Autoridades Nacionales a conducir este proceso (20).

Adicionalmente, la Directiva da un tratamiento especial al caso de las exposiciones de las tripulaciones aéreas.

En el área de la *exención* en el caso de la radiactividad natural, ambas Normas presentan de nuevo diferencias apreciables y, además, por la forma en que están redactadas, pueden contribuir a generar confusión.

- El OIEA indica que la aplicación de los valores derivados ofrecidos en el Anexo I de la referencia 2 y siempre que no haya habido exclusión,

se limita a la incorporación de tales radionúclidos a productos de consumo o a su uso como una "fuente radiactiva" (por ejemplo de Ra-226, Po-210, etc.) o por sus propiedades elementales (por ejemplo, Torio y Uranio)

- Por su parte la UE, que incluye la misma tabla de valores derivados para aplicar la exención, indica que su uso debe limitarse a los casos en que tales radionúclidos se utilizan por sus propiedades radiactivas, físis y fértiles.

En el área de la *desclasificación*, ambas Normas sólo ofrecen orientación genérica y por tanto nada específico para su aplicación a la radiactividad natural.

Con todo, el problema de la radiactividad natural y su tratamiento adecuado en el área objeto de esta ponencia es real y está lejos de estar resuelto, como se puso de manifiesto en una reunión de especialistas auspiciada por el OIEA (21).

Su solución racional requerirá consenso internacional y esfuerzos y decisión por parte de las Autoridades Nacionales. Para ayudar al mismo, se ofrecen las siguientes ideas:

- La propia ICRP (1) reconoce que valores de dosis superiores al límite establecido para el público, debidas a otras fuentes naturales (p.ej.: radón), no tienen por qué ser consideradas como inaceptables.

- Se considera muy útil la aproximación adoptada en la UE (3), por cuanto plantea una evaluación global de las diversas situaciones existentes en cada país y una decisión ulterior sobre su exclusión o su tratamiento como prácticas o como intervenciones. Conviene recordar que existen prácticas exentas y otras reguladas, y que la desclasificación sólo aplica a materiales y fuentes procedentes de prácticas reguladas. También conviene recordar que en las intervenciones, una vez que se entiendan justificadas, sólo resta aplicar la optimización para delimitar su alcance.

- Aunque se reconoce el contexto general poco favorable existente, es necesario insistir en que el principio de optimización parece el más relevante a la hora de juzgar las diversas situaciones de exposición a la radiactividad natural, en cualquier condición.

## CONCLUSIONES

Puede decirse que el desarrollo de un sistema para la aplicación consistente de "cuándo, qué y cómo regular" y "cuándo, qué y cómo desregular", ha madurado enormemente en la última década y hoy puede entreverse una clara posibilidad de configurar un sistema coherente, en el entorno del OIEA, a partir de los desarrollos pasados, para su utilización por las Autoridades Reguladoras Nacionales, en base a su propio criterio y a sus particularidades nacionales.

Está razonablemente establecido y aceptado el sistema para aplicar la "exención". Igualmente lo está a nivel conceptual para aplicar la "exclusión", aun cuando se necesitan desarrollos y guías adicionales para su aplicación práctica consistente que, adicionalmente, podrían jugar un papel muy relevante en el tratamiento de actividades industriales que implican el manejo de productos con radiactividad natural (fosfatos, cerámicas, extracción de gas y petróleo, minerías, etc.).

En lo relativo a la aplicación consistente de la "desclasificación" (o dispensa), el tema requiere ahora un notable esfuerzo que deberá considerar la existencia de diversas áreas problemáticas:

- ¿Aplicable sólo a "prácticas" o también a "intervenciones"?
- ¿Uso sólo para "sólidos" o también para "líquidos y gases"?
- ¿Aplicable sólo sobre la base de trivialidad del riesgo o dando mayor relevancia a la optimización?
- Aplicación para la liberación de edificios y de emplazamientos tras los desmantelamientos.
- Tratamiento en general de la radiactividad natural, con atención a las actividades industriales "no reguladas".
- Relación de las condiciones y valores prácticos para aplicar la desclasificación, con los aplicables para la exención y para las descargas autorizadas.

Es evidente que este artículo no puede resolver por sí mismos los puntos enun-



ciados, pero sí puede plantear ideas para ayudar a su solución. En este sentido, se entiende esencial que se aplique siempre el sentido común y que no se olvide la diversa jerarquización de los objetivos y criterios a cumplir; sabiendo que el que es de obligado cumplimiento es el primero, mientras que los demás son sólo medios para ello. Esta es la jerarquía de criterios a cumplir:

1<sup>er</sup> nivel.- Riesgo radiológico reducido y protección optimizada.

2<sup>o</sup> nivel.- Valores numéricos de impacto radiológico aceptable para cada práctica o fuente, individual, que ya introducen un factor de conservadurismo.

3<sup>o</sup> nivel.- Valores derivados para aplicación práctica (Bq; Bq/gr o Bq/cm<sup>2</sup>) que vuelven a maximizar las exposiciones por medio de la consideración de escenarios extremos.

4<sup>o</sup> nivel.- Medidas o determinaciones sobre los materiales, donde de nuevo se absorben las limitaciones a base de conservadurismo.

Sin ánimo de prejuzgar la orientación del trabajo recién iniciado en el OIEA, lo que sigue serían las ideas de los autores sobre un sistema coherente para aplicar la desclasificación.

a) Insistencia en que resulta de la aplicación responsable del sistema de protección radiológica aceptado universalmente y que se basa en

actuaciones autorizadas por las Autoridades Nacionales con el énfasis en la optimización de la protección, respetando valores reducidos de impacto radiológico.

b) Diferenciación clara entre su aplicación a "prácticas", e "intervenciones", dado que el marco de protección radiológica es conceptualmente diferente en ambos casos.

c) Que sea integral y contemple de un modo consistente la desclasificación incondicional y la condicional, ésta última muy próxima conceptualmente al uso o descarga autorizados.

d) Que sea completo y abarque el área de los criterios, los valores derivados para la aplicación práctica y los sistemas de control, registro y verificación.

e) Consideración específica del tema de la "radiactividad natural"; primero en base a decisiones reguladoras sobre las industrias afectadas, y segundo, con un tratamiento más cercano conceptualmente al de las "descargas autorizadas", con el énfasis en la optimización de la protección, más que en la trivialidad de las dosis.

f) Necesidad de consenso sobre el propio sistema y a ser posible sobre valores de uso práctico de validez general (incondicional), que sean

consistentes con los aplicables para la exención y para el transporte.

g) Necesidad de mantener abierta siempre la posibilidad de decisiones diferentes por parte de las Autoridades Nacionales, en casos específicos y, para uso interno, según las condiciones propias, en un marco de respecto pleno a los criterios de protección radiológica establecidos.

Buscando un marco que pudiera parecer sólido y consistente como base para los desarrollos futuros, podría pensarse en:

1. Fundamentar la aplicación de la exención y la desclasificación incondicional en la trivialidad de las dosis.

2. Fundamentar la aplicación de la exención y la desclasificación condicional y de la descarga o reuso autorizados en la optimización junto a valores reducidos de dosis.

3. Aplicar el Sistema Regulator en los demás casos.

El trabajo que resta no es pequeño y no faltarán dificultades y voces críticas, pero merece la pena, no sólo por consistencia y sentido de la responsabilidad, sino porque se considera que una aplicación rigurosa de estos conceptos conducirá a medio plazo a una visión más lógica y equilibrada del riesgo radiológico por parte de la sociedad.

## REFERENCIAS

1. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. (Pergamon Press. Oxford, 1990)
2. International Basis Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (IAEA. Safety Series 115 Vienna, 1996)
3. Basic Safety Standards for the health protection of the general public and workers against the danger of ionizing radiation (Council Directive 96/29 EURATOM)
4. Principles for the exemption of radiation sources and practices from Regulatory Control. (IAEA.- Safety Series 89. Vienna, 1988)
5. IAEA. Clearance levels for radionuclides in solid materials. Application of exemption principles. Interim report for comments. IAEA TECDOC 855 (1996)
6. IAEA. Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research. IAEA - TECDOC-1000 (1998)
7. Commission of the European Union. Recommended Radiological Protection Criteria for the Recycling of Metals from the Dismantling of Nuclear Installations Radiation Protection. N.89. (Luxembourg, 1998)
8. Principles and methods for establishing concentration and quantities (exemption values) below which reporting is not required in the European Directive (Radiation Protection 65. Luxembourg, 1995)
9. IAEA. Revised Definition and Recommendations concerning radioactive waste, INFCIRC/202/Add.1/Rev 1, 1978.
10. IAEA. Considerations concerning "de minimis" quantities of radioactive waste suitable for dumping at sea under a general permit. IAEA - TECDOC-244, 1981.
11. IAEA. De minimis concept in radioactive waste disposal. Consideration in defining de minimis quantities of solid radioactive waste for uncontrolled disposal by incineration and landfill. IAEA - TECDOC-282, 1983.
12. IAEA. Exemption of radiation sources and practices from regulatory control. Interim report. IAEA-TECDOC-401, 1987.
13. Information paper clarifying use of the terms exclusion, exemption, clearance and related expressions (IAEA-draft only- 1997)
14. E. Gil, P. Carboneras. "Fundamentals for the release of very low activity materials. A practical case: the decommissioning of Vandellós 1 NPP (INMM. Córdoba-Spain, October 1997)
15. Radiation protection workshop on exemption and clearance. Group of Experts Art. 31 (Euratom). Office of the European Commission in Portugal. (Lisbon, 8 June 1998).
16. IAEA. Regulations for the safe transport of radioactive materials. 1996 Edition, IAEA ST N° 1.
17. IAEA-SS-111-P 1.1 "Application of exemption principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities. (1992).
18. Document Preparation Profile (DPP) for the IAEA Safety Guide on "Principles for exclusion, exemption and clearance of radiation sources and practices from regulatory control (Working paper)
19. Document Preparation Profile (DPP) for the IAEA Safety Guide on "Managing the authorized reuse and recycle of materials and the clearance of materials from regulatory control (working paper).
20. Radiation Protection 88. Recommendations for the implementation of Title VII of the European Basic Safety Standards Directive concerning significant increase in exposure due to natural radiation sources (1997).
21. Proceedings of a specialists meeting on application of the concepts of exclusion, exemption and clearance; implications for the management of radioactive materials (Vienna, May 6 to 9, 1997). (Working Material).



## ANEXO 1

### DETALLES TÉCNICOS RELEVANTES PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LOS NIVELES DE DESCLASIFICACIÓN ESTABLECIDOS

#### 1. General

La desclasificación de los materiales con ligeros contenidos de actividad lleva asociada la necesidad de medir niveles muy bajos. Por otra parte, desde el punto de vista del control regulador, es necesario que se pueda verificar que los niveles derivados se cumplen y que todo material que se libera presenta valores de actividad inferiores a dichos niveles.

La primera decisión que debe tomarse es, si se realiza la medida sobre todos los materiales o sólo sobre una parte de ellos, elegida con criterios estadísticos. Asimismo, la metodología aplicada debe tener en cuenta la medida de aquellos emisores específicos que no pueden ser medidos fácilmente, como son los emisores beta puros (H-3, Sr-90 y Ni-63), los emisores por captura electrónica (Fe-55) y los emisores alfa. La determinación de estos isótopos requiere procedimientos radioquímicos complejos y costosos, que no pueden realizarse de forma rutinaria sobre la totalidad de los materiales. Por esta razón se recurre al uso de correlaciones con los radionucleidos más significati-

vos y fáciles de medir. De hecho, este método se usa también para asignar actividades a los bultos de residuos radiactivos.

Para aplicar estas correlaciones deben definirse los diferentes espectros isotópicos que pueden encontrarse en la instalación usando como datos de partida la información de diseño, junto con la historia operativa, así como los fluidos con los que han estado en contacto y el ambiente que se ha afectado. Sobre estos sistemas se realizan medida en laboratorio que permitan establecer las correlaciones necesarias.

Debe indicarse aquí, que aunque este método no está exento de error, muchos de los radionucleidos que no se pueden medir fácilmente suelen ser radiológicamente poco significativos o están en proporciones muy inferiores a los otros emisores beta-gamma, por lo que su contribución al impacto radiológico, debido al material desclasificado, suele ser muy pequeña.

Evidentemente el uso de estas correlaciones obliga a agrupar los materiales por su origen aunque es necesario también agruparlos por el tipo de material, ya que los factores geométricos y de atenuación dependen fuertemente del material. Con esta información se definen diferentes geometrías de contaje en función del contenedor y del material que la compone.

#### 2. Revisión de los métodos de medida (Fig. 9, 10, 11 y 12)

##### 2.1. Equipos portátiles

El control de la contaminación superficial se ha venido realizando con equipos portátiles y medida manual. Los equipos más utilizados son contadores proporcionales y detectores de centelleo con sondas del orden de 100 cm<sup>2</sup> de superficie. Estos equipos deben disponer de ventanas suficientemente delgadas para detectar las emisiones alfa y/o beta de los diferentes isótopos. La elección del equipo debe basarse en el espectro isotópico de la instalación. Existen también equipos para la detección de isótopos específicos como es el caso del H-3 o del C-14.

En el mercado hay numerosos equipos para el control de la contaminación superficial que, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, son capaces de medir los valores de contaminación indicados. Ahora bien, en algunos casos, esto no es posible en la práctica, dado que: los valores del fondo son mayores; la eficiencia es más baja debido a que la distancia entre el equipo y el material es diferente a la distancia entre el equipo y la fuente de calibración; se producen interferencias entre las emisiones de los diferentes isótopos, o la sensibilidad de la electrónica asociada no es suficiente. En general, deben realizarse medidas largas si se desea alcanzar un nivel de detección suficiente, lo que dificulta el

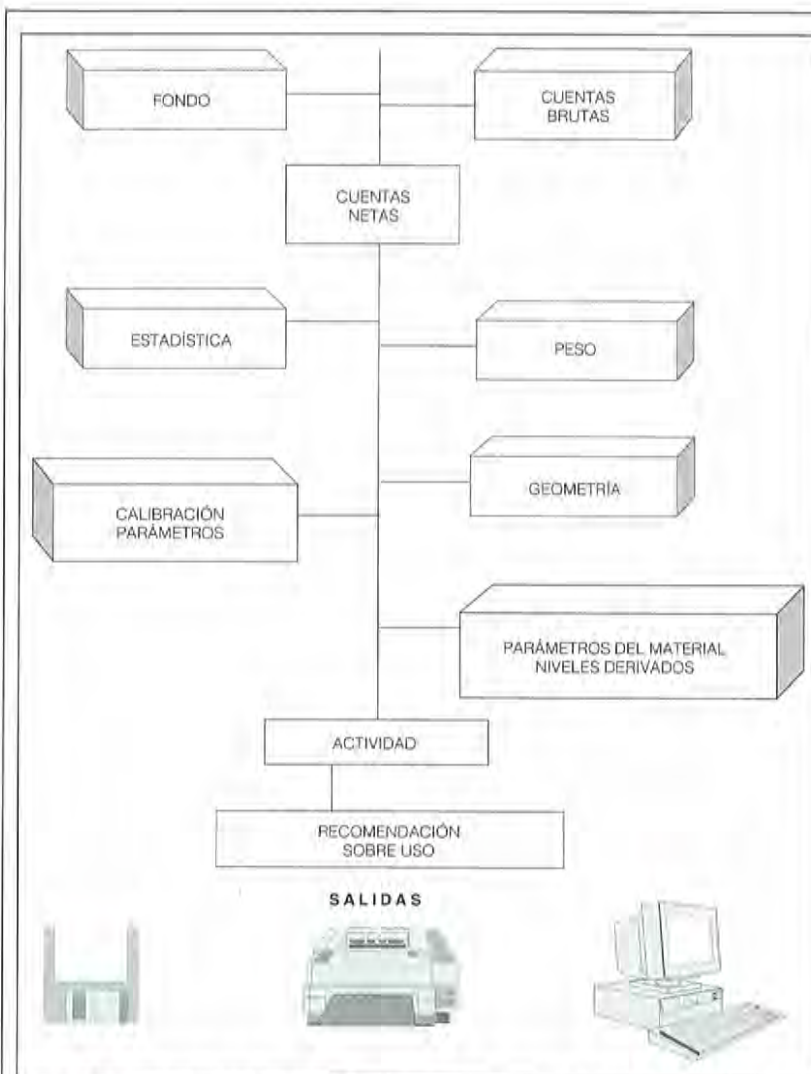


Figura 9. Estructura del programa de un equipo de medida para la desclasificación.

proceso de control, sobre todo si deben medirse muchos materiales.

2.2. Equipos complejos

Existen en el mercado diversos equipos que pueden usarse para asegurar que nada sale de un emplazamiento con valo-

res de actividad no aceptables o para verificar que los materiales desclasificados están por debajo de los niveles derivados.

a) Equipos tipo pórtico

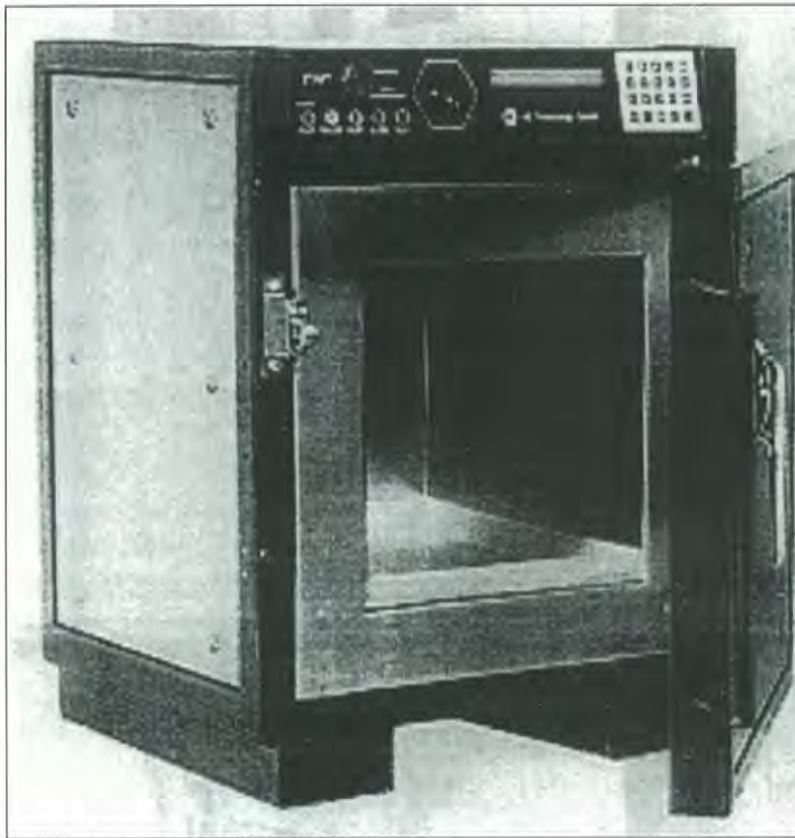
Son los más sencillos y constan de detectores de centelleo (plásticos o cristales) de gran superficie. Se han extendi-

do ampliamente por el mundo en el control de chatarras metálicas a la entrada de las fundiciones, o de basura a la entrada de vertederos. Se trata de unas columnas a través de las cuales pasa el material a controlar cargado en el correspondiente vehículo circulando a baja velocidad. El vehículo espera la indicación de entrada por medio de un semáforo y pasa por la zona donde están los detectores. El semáforo de entrada impide el paso al siguiente camión hasta que termina el proceso. A la salida, otro semáforo controla el final del proceso. Si la medida es inferior al nivel fijado el semáforo se pone verde y el vehículo pueden salir; en caso contrario se pone rojo.

En general se calibran para detectar fuentes puntuales situadas en el centro de la carga, y la mayoría de estos equipos son capaces de detectar fuentes de Cs-137 de actividades del orden de 500 KBq, aunque dado que este valor depende de muchos factores (fondo ambiental, velocidad del vehículo, material de blindaje, tiempo de medida, etc.), no suele estar especificado en los catálogos. En general es posible adaptar las condiciones de la medida para lograr límites de detección aceptables.

b) Equipos para la desclasificación de materiales

Estos equipos, aptos para su uso en la desclasificación, se han desarrollado principalmente para la tarea de caracterización de residuos radiactivos y hay de bastantes tipos. En general constan



**Figura 10.** Equipo de medida de materiales.

de una cámara de medida blindada para reducir el fondo al máximo y por tanto, aumentar la sensibilidad.

El sistema de detección, en muchos de ellos, es también mediante detectores de centelleo (plásticos o cristales) para poder disponer de superficies de detección grandes. Hay algunos que están contruidos con detectores de Germanio, por lo que es posible hacer espectrometrías.

En general los plásticos presentan varias ventajas, entre ellas la de que su respuesta es poco dependiente de la

energía, por lo que cambios en la composición isotópica supuesta tiene poca influencia en la eficiencia del contaje.

Como tienen varios detectores, su colocación en torno al material a medir permite la determinación cualitativa de puntos calientes. Esto se logra con un tratamiento independiente de la señal que proviene de cada detector, que se compara con el valor promedio de todos ellos.

La geometría de medida más extendida es el bidón de 220 litros o la bolsa de plástico de unos 25 litros. Hay algunos mode-

los en el mercado que permiten medir otras geometrías mayores. Asimismo, pueden estar contruidos sobre vehículo y pueden tener la opción de su uso con una cinta transportadora, que posibilita la realización de medidas casi en continuo.

La sensibilidad de estos sistemas es muy variable y depende de diferentes factores: fondo, tiempo de contaje, auto-absorción, etc., aunque, en general, pueden alcanzarse valores inferiores a 0.1 Bq/g para la actividad másica y 0.4 Bq/cm<sup>2</sup>, para la contaminación beta-gamma, si bien este último valor se obtiene por aplicación de algoritmos.

En general el sistema de adquisición de datos está contruido por un ordenador personal conectado a una pantalla y a una impresora. Este sistema procesa todos los datos de la medida incluido el tipo de material, su peso, la geometría de medida, etc. y genera los protocolos de medida.

La calibración se realiza mediante simuladores, con material limpio, en los que se introducen fuentes de actividad conocida en diferentes ubicaciones. Además se realizan medidas con materiales bien caracterizados y con actividades conocidas.

### 2.3. Equipos de laboratorio

Los equipos de laboratorio deben usarse para determinar las composiciones isotópicas y los isótopos que no se pueden medir directamente por espectrometría gamma.



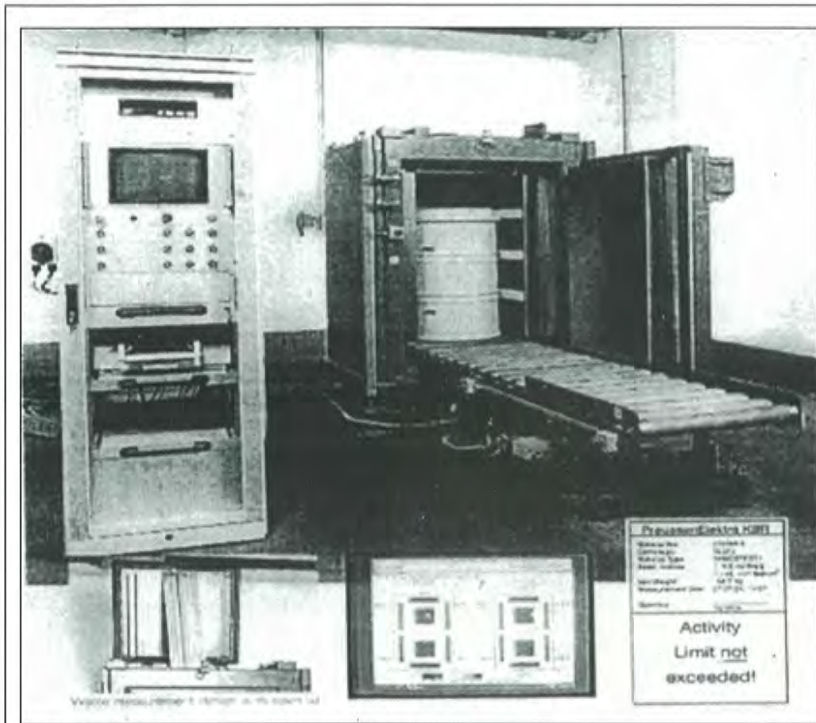


Figura 11. Equipo de medida de bidones.

Los equipos más usados son los contadores proporcionales, multiplanchetas y blindados, para la medida de actividades totales alfa y beta. Se utilizan para la medida de frotis y para muestras líquidas o sólidas con preparación previa.

Para la determinación de los emisores gamma se usan detectores de semiconductor, en general, de GeLi o de Ge intrínseco. Estos equipos tienen una gran sensibilidad y no se requiere el tratamiento de las muestras. Pueden detectar del orden de mBq con tiempos de contaje razonables. Si la mezcla no es muy compleja pueden usarse detectores de centelleo, como el INa(Tl), que son muy sensibles y mucho más baratos.

Por último, los detectores de centelleo líquido permiten determinar los isótopos emisores beta-débiles. Son complejos de uso y requieren un proceso de preparación de la muestra largo y complicado. Mediante separaciones radioquímicas puede determinarse también el Fe-55.

Finalmente debe indicarse la existencia de métodos para la espectrometría alfa con detectores de semiconductor. De nuevo es precisa una preparación previa de la muestra y unos sistemas de análisis complejos y caros.

2.4. Aspectos estadísticos

Las técnicas estadísticas deben usarse siempre que no sea posible medir



Figura 12. Equipos portátiles de medida de la contaminación.



todos los materiales. Este es el caso de los suelos y paredes cuando no se van a retirar. Los métodos estadísticos permiten definir las mallas de medida más adecuadas y el número de muestras necesario para alcanzar el nivel de confianza requerido. La mayoría de los sistemas propuestos son válidos para contaminaciones homogéneas.

En general se utilizan técnicas de muestreo al azar, definiéndose el número de muestras en función de la media y la desviación estándar deseadas. Una primera estimación se realiza tomándose 30 muestras. En la norma ISO 11932 (1996) puede consultarse este método en detalle.

Asimismo pueden usarse otros métodos de muestreo, como son los métodos de rechazo que se utilizan en la industria convencional. Estos métodos,

muy desarrollados en el control de calidad, pueden aplicarse cuando la contaminación no es homogénea.

### 3. Referencias

1. "State-of-the art review on technology for measuring and controlling very low level radioactivity in relation to decommissioning of nuclear power plants". Report EUR 10643 (1986). Hulot M, Chapuis A. M et al.
2. "Optimization of measurement techniques for very low-level radioactive waste material". Report EUR 13307 (1991). R. Hoffmann, B. Leidenberger
3. "Monitoring Programmes for Unrestricted Release Related to decommissioning of Nuclear Facilities" Technical Reports Series nº 334 IAEA 1992.
4. "Radiation Protection Instrumentation and Its Application" ICRU Report 20. ICRU
5. "Activity measurements of solid materials considered for recycling, re-use, or disposal as non-radioactive waste". Norma Internacional ISO 11932. 1996
6. "Evaluation of Surface Contamination, Part 1, Beta Emitters" ISO Report ISO-7503-1.1988
7. "Manual for conducting Radiological Surveys in support of License Termination". NUREG/CR-5849 ORAU-92/C57 N.R.C. February 1993.

## Entrevista a Luis Jova Sed

Con motivo del IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, Congreso Regional IRPA y I Congreso Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica, celebrados recientemente en Cuba, tuvimos ocasión de conversar con Luis Jova Sed, Vicepresidente de la Sociedad Cubana de Física, responsable de la Sección de Protección Radiológica, y Director del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)



**P**regunta: ¿Podría describirnos la trayectoria de la Sección de Protección Radiológica desde su fundación?

—**Respuesta:** La idea de crear una Sociedad de Protección Radiológica en nuestro país surge pocos años después de la creación del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones en el año 1985. Realmente, la idea empieza a tomar forma con el intercambio que van sosteniendo nuestros especialistas con colegas de la región en los Congresos Regionales de Seguridad Radiológica y Nuclear, que se empiezan a desarrollar a partir del año 1990. La creación de la Federación Latinoamericana y posteriormente el Grupo Iberoamericano le da un nuevo impulso y definitivamente en el año 1995 se toma la decisión de su creación.

Atendiendo a diferentes factores nacionales y con el objetivo de dinamizar la creación de la Sociedad se decide crear una Sección de Protección Radiológica en la Sociedad Cubana de Física, que tiene muchos años de experiencia. Hay que destacar que la experiencia de los colegas físicos nos ha ayudado en la organización del trabajo de nuestra sección, creada definitivamente en el V Congreso de la Sociedad de Física y en el marco del II Taller Nacional de Seguridad Radiológica y Nuclear en el año 1996.

La Sección de Protección Radiológica de la Sociedad Cubana de Física cuenta en la actualidad con 80 afiliados y es miembro activo de la Federación Latinoamericana, del Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica y de la Asociación Internacional de Protección Radiológica. La

sección cuenta con un consejo ejecutivo integrado por un Presidente, que a su vez es Vicepresidente de la Sociedad Cubana de Física, un Secretario y tres Vocales. Este Comité Ejecutivo se reúne trimestralmente y la Sección ha realizado, contando la actividad del Congreso, tres reuniones plenarias.

Como se puede apreciar, la Sección de Protección Radiológica es relativamente joven y su actividad principal de los 3 años desde su creación ha sido la organización del IV Congreso Regional de Protección Radiológica, que se celebró en La Habana del 19 al 23 de octubre del presente año.

**P.:** ¿Qué papel juega la Sección en el desarrollo de la Protección Radiológica?

**R.:** Es temprano para hablar de un papel relevante de la Sección de Protec-



ción Radiológica en el desarrollo de esta actividad. No obstante, el solo hecho de haber reunido a los profesionales que trabajan en el tema y darles la oportunidad de expresar sus ideas de cómo desarrollar la Protección Radiológica es un paso importante. Las intenciones son brindar apoyo científico al Centro Nacional de Seguridad Nuclear, que tiene la responsabilidad de regular el uso seguro de las radiaciones ionizantes en el país. Entre nuestros objetivos está también propiciar el desarrollo profesional y la capacitación de sus miembros, así como el intercambio de experiencias.

Muestras de esto son la participación en los debates del proyecto de las nuevas Reglas Básicas de Seguridad Radiológica que se aprobarán el próximo año, la participación de especialistas cubanos en proyectos internacionales como lo son el de Dosimetría Biológica y Percepción del Riesgo, que se organizan y ejecutan en los marcos de los trabajos desarrollados por GRIAPRA, así como la organización de un curso y un Taller sobre Protección Radiológica al paciente, que se celebraron en el marco del Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear.

Como expresamos anteriormente, estos tres años han sido de un trabajo organizativo intenso para la preparación del Congreso, que significó la vinculación de la mayoría de los miembros de la Sociedad. Ahora, con la finalización del Congreso, tendremos más tiempo para dirigir el trabajo hacia el desarrollo de la Protección Radiológica. Próxima-

mente, del 28 de marzo al 1 de abril de 1999, se celebrará el VI Congreso de la Sociedad de Física y nuestro balance de trabajo, donde nos propondremos nuevas metas.

**P.: ¿Considera que están representados adecuadamente todos los sectores dentro de la Sección de Protección Radiológica?**

**R.:** La aplicación a la Sección de Protección Radiológica sobrepasó nuestras expectativas. Una gran parte de sus miembros, un 61%, son trabajadores del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones y Centro Nacional de Seguridad Nuclear que, como instituciones rectoras de esta actividad en el país, tienen un gran potencial humano calificado en el tema. Al trabajo de la Sección se han incorporado también especialistas del Ministerio de Salud Pública, un 24%, y el resto pertenecen a otros sectores vinculados a la aplicación de las técnicas nucleares en el país. Si consideramos que el sector de salud es en el que encuentran mayor aplicación las técnicas nucleares, podemos afirmar que existe una representatividad adecuada de los diferentes sectores.

**P.: En el tema de la Protección Radiológica, ¿qué grado de colaboración existe entre la Sociedad y el resto de las organizaciones nacionales con actividades o competencias en este campo?**

**R.:** La Sección de Protección Radiológica es relativamente joven, pero en

estos años ha tratado de ir estableciendo relaciones de cooperación con los dos sectores más importantes en estos momentos. En primer lugar, el Ministerio de Salud Pública, principal usuario de las técnicas nucleares. Incluso un representante de esta área forma parte del ejecutivo de la Sección. En segundo lugar, el Centro Nacional de Seguridad Nuclear, como órgano regulador en la materia, que domina la situación de la Protección Radiológica nacional, sus principales necesidades de desarrollo y que cuenta también con su representante en el ejecutivo de la Sección.

Informalmente tenemos relaciones con la Sociedad de Radiología de nuestro país. Pero todos estos vínculos deben ser profundizados y sistematizados en el próximo período.

**P.: ¿Podría hacernos un breve resumen del estado de la Protección Radiológica en Cuba en relación con los nuevos desarrollos de la industria nuclear?**

**R.:** Para nosotros, industria nuclear es la relacionada con el ciclo del combustible nuclear y como es de todos conocido la construcción de la Central Electronuclear de Juragúa fue detenida en el año 1992, principalmente por las dificultades económicas que atraviesa el país y su conservación se encuentra en fase muy avanzada. Esto, indiscutiblemente, ha influido en el desarrollo de la Protección Radiológica que se ha dirigido principalmente a garantizar la seguridad radiológica en las aplicaciones de las técnicas nucleares.

No obstante, al ser Cuba un país pequeño y de limitados recursos económicos, su gobierno, consciente de la importancia que tiene la Protección Radiológica para los trabajadores, la población y el medio ambiente, ha destinado importantes recursos a este campo en estos años. Un ejemplo de esto fue la inauguración de las nuevas instalaciones del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) en el año 1995.

En los últimos cinco años se ha avanzado mucho en la organización de la supervisión de la Protección Radiológica y se encuentra en estado muy avanzado la revisión de las Reglas Básicas de Seguridad para su aprobación e implementación. Igualmente se han aprobado ya o se encuentran en fase de revisión otros reglamentos. Los especialistas del Centro Nacional de Seguridad Nuclear han tenido una participación muy activa en el programa de elaboración de Guías de Protección Radiológica, que se desarrolla en los marcos de los Acuerdos Regionales de Cooperación para América Latina (ARCAL).

Desde el año 1987 se garantiza la vigilancia radiológica individual de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes, tanto a través de la exposición externa como de la posible contaminación interna. Los especialistas de nuestro país han participado en la medición y evaluación de las dosis de más de 6.000 niños provenientes de zonas afectadas por el accidente de Chernobil.

Otro de los campos en que se trabaja es la vigilancia radiológica ambiental del

territorio nacional, para lo cual se cuenta con una Red Nacional con 18 estaciones distribuidas en todo el país, que incluyen 4 laboratorios. Entre las principales actividades desarrolladas en este campo se pueden citar los resultados del Estudio del Fondo Radiológico Ambiental de la República de Cuba, la determinación de los principales radionucleidos presentes en los alimentos característicos en nuestro país, la estimación del impacto radiológico del uso de fertilizantes fosfatados en el cultivo de cítricos y otros. El Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental del CPHR forma parte de las redes internacionales GERMON (OMS/PNUMA) y ALMERA (OIEA).

Se trabaja desde el año 1995 en la organización de la gestión de los desechos radiactivos que se generan en el país, lo que se hace de forma centralizada. Desde el año 1987 se recogen sistemáticamente todas las fuentes radiactivas en desuso.

Los especialistas en Protección Radiológica trabajan conjuntamente con los físicos médicos y otros especialistas del área de la salud en la optimización de la Protección Radiológica en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, y en particular en las técnicas de control de calidad.

Contamos con un grupo fuerte en dosimetría biológica que ha desarrollado, entre otros aspectos, la evaluación de personas involucradas en incidentes radiológicos ocurridos; las evaluaciones dosimétricas y biomédicas de niños provenientes de las zonas afectadas por el accidente de Chernobil y la aplicación de la dinámica variacional de los

ácidos nucleicos como pronóstico de sobrevida en pacientes hematológicos sometidos a irradiación corporal total para trasplantes de médula ósea, entre otros.

Se ha trabajado también en la preparación para emergencias radiológicas, a través de la elaboración y entrenamiento de los planes para emergencias radiológicas que llegan hasta nivel nacional. Se han identificado y se preparan sistemáticamente los diferentes grupos especializados para dar respuesta a las posibles situaciones de emergencias radiológicas.

Por último, se desarrollan diferentes cursos de capacitación para los responsables de Protección Radiológica de las instituciones y a nivel regional para los especialistas de los órganos reguladores de otros países. Se imparten además diferentes cursos de pre y postgrado en diferentes temáticas de la Protección Radiológica.

**P.: ¿Puede indicarnos cuáles son en este momento los proyectos más relevantes en Cuba en la disciplina de la Protección Radiológica?**

**R.:** En estos momentos nos encontramos en una fase de transición, ya que culmina un ciclo de proyectos a finales de este año y se inicia otro en el año 1999 hasta el 2001. En el ciclo que concluye se llevaron a cabo un total de 15 proyectos en los diferentes campos de la Protección Radiológica, entre los que podemos citar: evaluación de la dosis que recibe la población cubana debido a las fuentes ambientales de



radiación; evaluación de los niveles de desclasificación de los desechos radiactivos; procedimientos y prototipos para el acondicionamiento de fuentes y desechos radiactivos almacenados en la Planta de Tratamiento; optimización de la exposición médica en el diagnóstico por rayos X con radiación fotónica y mixtos gamma-neutrones, entre otros.

A partir del próximo año comienzan 12 proyectos diferentes que tratarán, entre otros temas, la evaluación de las dosis que recibe la población debido a fuentes ambientales de radiación. Como se puede apreciar, la mayoría de los proyectos son de investigaciones aplicadas, pero con un impacto nacional importante.

Es bueno destacar que, durante el presente año, nuestras instituciones han firmado, o se encuentran en diferentes etapas de conciliación, convenios de cooperación con instituciones reconocidas internacionales, lo que le puede imprimir otra dimensión a los diferentes proyectos que se desarrollan en Cuba. Entre estas instituciones se encuentran ENRESA y el CIEMAT, con los que

esperamos estrechar más aún nuestras relaciones. No menos importantes son los proyectos que se vienen ejecutando en cooperación con las Sociedades de Protección Radiológica (GRIAPRA), en los que están jugando un papel aglutinador importante los proyectos que se desarrollan con la cooperación de la Junta de la Comunidad de Extremadura. Las actividades desarrolladas en el recién concluido Congreso son un ejemplo elocuente de esto.

Por último, y no por esto menos importante, estamos tratando de organizar con la cooperación de nuestros colegas españoles los estudios de postgrado en la especialidad de radiofísica hospitalaria.

Como podrán apreciar, las metas y los proyectos son ambiciosos, pero se han creado las bases necesarias para desarrollar estas actividades.

**P.: Indíquenos las perspectivas de futuro que tiene la Sociedad. ¿Qué ha supuesto este Congreso para su Sociedad?**

**R.:** Creo que la Sección de Protección Radiológica de la Sociedad Cuba-

na de Física ha dado en estos 3 años sus primeros pasos, pero han sido pasos firmes. El tener que haber encarado desde sus inicios la preparación de un Congreso Regional con varios eventos colaterales ha sido un reto y una prueba que hemos pasado satisfactoriamente. Estos años han servido para consolidar la Sección y tener un determinado reconocimiento nacional e internacional. La celebración del Congreso Regional con la participación de 327 especialistas de 22 países y de ellos 189 visitantes ha permitido a los especialistas intercambiar experiencias, ampliar sus relaciones y dejar establecidos muchos contactos profesionales y muy buenos amigos. Creo que éste es uno de los principales logros de este evento, en el que además se aumentó la familia de Sociedades de Protección Radiológica, con la incorporación de Uruguay y las perspectivas de Panamá y República Dominicana.

Toda esta experiencia debe servirnos para perfeccionar el trabajo de la Sociedad, sobre todo en aquellos aspectos científicos o de superación en las que ella puede jugar un papel más activo.



## La protección radiológica. Reflexiones sobre un servicio necesario a la industria nuclear y a la sociedad

Francisco González Tardiu

Este escrito viene a dar cuenta de unas reflexiones de las personas que nos esforzamos técnica y humanamente por hacer que la Protección Radiológica sea una disciplina válida, de calidad y de excelencia en beneficio de la empresa que la sustenta, la instalación y los trabajadores que la integran y la población que la rodea.

Desde el punto de vista de la gestión técnica de la Protección Radiológica no es difícil parametrizar los resultados de la instalación pues variables como dosis colectivas en recargas, dosis individuales, efluentes radiactivos líquidos y gaseosos, volumen de residuos radiactivos, número de contaminaciones personales en zona controlada, número de contaminaciones internas, etc., son con una adecuada vigilancia y control fácilmente traceables.

En las Centrales Nucleares españolas estamos viendo que estos resultados han llegado a unas cotas de mejora que podríamos denominar de excelentes, comparables con las mejores instalaciones nucleares del mundo.

Así, por ejemplo, las últimas recargas de las centrales españolas han significado obtener las mejores "performances" alcanzadas hasta el momento en España.

A estos buenos resultados se le añade el haber sido contrastadas con éxito por Organismos Internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), mediante, por ejemplo, OSART's (Programas de Grupos de Examen de la Seguridad Operacional) a petición del Gobierno de España y en el que grupos de expertos internacionales realizan un examen profundo, de tres semanas de duración, del desempeño de las funciones de seguridad operacionales de las Centrales.

Por otra parte, últimamente se nos viene diciendo, medio en serio medio en broma, que estos estupendos resultados nos pueden implicar contratiempos en el desempeño de nuestra tarea, por el hecho que los mismos parecen indicar la no existencia de problemas, de que todo va muy bien, argumentándose por este motivo la posibilidad de si cabría optimizar económicamente los resultados técnicos, que en Protección Radiológica significan fundamentalmente disminuir Recursos Humanos. En algunos foros del país incluso se habla de la coparticipación de otras organizaciones en las tareas atribuidas a la Protección Radiológica, si bien se olvidan que, cuando en algún tema de decisión eres arte y parte, normalmente la balanza se decanta hacia la de mayor peso, es decir, prima la explotación y el mantenimiento antes que la protección. A veces, estos comentarios puestos en boca de algunos responsables de Protección Radiológica, no se sabe si son hechos para rehuir responsabilidades: ¿con qué prioridades y objetivos últimos actuaría una organización distinta a Protección Radiológica si tuviese por ejemplo a su cargo los Servicios de Descontaminación Radiactiva? Normalmente para Protección Radiológica sería una prioridad fundamental de su gestión.

La acción natural de cualquier cosa en el Universo, por sí sola, es ir al desorden: por ejemplo, los juguetes de nuestros hijos, los papeles en nuestro trabajo, los cacharros en la cocina; y esto en una central nuclear no es una excepción, es decir, se tiende a la dispersión de la contaminación radiactiva, a la suciedad, al incremento de vertidos, al aumento de niveles de radiación etc., a no ser que se actúe corrigiendo día a día, mediante la experiencia laboriosamente adquirida. La corrección en estos temas que es tarea común de toda la organización de la planta, fundamentalmente lo es de las personas que conforman el Servicio de Protección Radiológica.



Por consiguiente, nos produce una inmensa contradicción interna el mencionado comentario, pues precisamente estos excelentes resultados se han producido redireccionando esfuerzos técnicos y humanos en temas de Optimización de Dosis (ALARA), en una selección de vigilancias y controles de parámetros radiológicos de la instalación, en un seguimiento de planificaciones, propuestas y acciones de mejora de la instalación para evitar precisamente la inexistencia de problemas sustanciales, que potencial es el BIEN que tenemos actualmente.

– Pero, ¿qué es lo que se pregunta la gente cuando nos ve, o la sociedad en general respecto a nuestra industria?

– El pueblo llano, habla y pregunta con frases fáciles y comprensibles y no por ello faltas de lógica:

¿Es peligroso trabajar aquí?

¿Hasta cuanta radiación se puede coger?

¿Es peligroso vivir en el entorno de una central nuclear?

¿Cuánta radiactividad se echa afuera?

¿Los comestibles y el agua alrededor de la central tienen radiactividad?

¿Qué se hace con los residuos radiactivos?

¿Qué pasaría en el caso que tuviesen un accidente radiactivo?

En general, la sociedad demanda seguridad y que ésta sea la máxima posible. Hoy por hoy, esas preguntas las responden fundamentalmente los profesionales de la Protección Radiológica, que conocen y velan para que se cumpla la Reglamentación nacional e internacional, así como que se optimice y minimice el riesgo radiológico a los trabajadores y al público en general. De ahí su importancia.

Todas estas preguntas, cuando nos las plantean, tienen una gran carga de profundidad.

– ¿Es peligroso trabajar aquí?

– Nosotros tenemos que derivar esta pregunta hacia otra más correcta desde el punto de vista técnico.

– ¿Es seguro trabajar aquí?

Entonces empezamos hablando que la seguridad es un parámetro que tiene que ver con el riesgo (menor riesgo - mayor seguridad, mayor riesgo - menor seguridad), incluso dando algún ejemplo archisabido de la menor seguridad automovilística respecto a la mayor seguridad aérea. Aquí ya tenemos que empezar a cuantificar el riesgo y les decimos que es el producto de dos variables: la probabilidad de sufrir el accidente por el daño que éste produce, continuando diciendo que la Seguridad Nuclear trata que la probabilidad de sufrir el accidente sea la menor posible, para hacerla equivalente a las más altas cotas de seguridad de otras industrias, como, por ejemplo, la aeronáutica.

Pues bien, una vez llegado aquí, y pensando que ya hemos contestado brillantemente a nuestro interlocutor, nos surge otra vez la pregunta; entonces ¿es peligroso, o no, trabajar aquí?

Desalentados por la insistente pregunta nos vamos por otros derroteros y empezamos a hablar que en definitiva todos los trabajadores que están aquí tienen el soporte de un servicio ajeno a su propia organización, que es el Servicio de Protección Radiológica que cuenta con una organización técnica y humana que vela para que los trabajos que se hagan en la instalación, desde el punto de vista radiológico, sean justificables, tengan las mínimas dosis posibles y siempre por debajo de unos límites de dosis. Esto lo consigue mediante el estudio previo, la planificación, la información, la vigilancia y el control radiológico de la zona de trabajo, del trabajo en sí, del material y de las personas, para lo cual cuenta con material adecuado: detectores de radiación, muestreadores de contaminación, dosímetros de radiación, etc..

De ahí radica la diferencia entre la Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica, y la importancia de ambas por un igual y su complementariedad en la consecución de los resultados que la sociedad demanda: la seguridad nuclear



es inherente a la instalación y a todo el personal, especialmente el de Producción y Mantenimiento; la Protección Radiológica tiene en cuenta el entorno y la interacción del hombre con la instalación. Por consiguiente, es el conjunto de ambas premisas, instalación e interacción del hombre con ella, lo que define el peligro o no de trabajar en la central.

A partir de esta contestación, se derivan las respuestas de las dos preguntas siguientes:

— ¿Hasta cuánta radiación se puede coger?

La respuesta se enlaza con la limitación de dosis a los trabajadores mencionada anteriormente. Su seguimiento se garantiza por el Servicio de Protección Radiológica, cuidándose éste además de que las dosis individuales sean las mínimas posibles. A continuación se comparan las dosis que realmente alcanzan los trabajadores con los límites legalmente autorizados, y entonces se observa lo lejos que se está de alcanzar esos límites por parte de los trabajadores, con lo que se constata la actuación de la Protección Radiológica.

La pregunta que viene a continuación - ¿Es peligroso vivir en el entorno de la Central Nuclear? - es fácil de contestar, ya que si se hace todo eso con los trabajadores de la central y se llevan a cabo todos los controles de materiales radiactivos y vigilancia mencionados en el interior de la instalación, por lógica ha de ser seguro estar fuera de la misma; además se comenta el hecho anecdótico, que tu propia familia vive en ese mismo entorno, con lo cual se reafirma la seguridad y convicción de la respuesta.

Aquí se observa que una política simple de cumplimiento de normativas, sin ir acompañada de un esfuerzo en la minimización de los riesgos radiológicos, y por tanto bajando el listón actual de exigencia, no puede ser aceptada por la sociedad y la población en su conjunto, pues ésta quiere para los suyos el mínimo riesgo y la máxima seguridad que razonablemente se pueda alcanzar.

La siguiente pregunta - ¿Cuánta radiactividad se echa afuera? - entronca con el Sistema de Tratamiento de Efluentes gaseosos y líquidos radiactivos al exterior. Aquí se tranquiliza a nuestro interlocutor, diciendo que la Administración, a través del organismo regulador español (CSN) impone límites restrictivos, del orden del 1% de los límites de dosis existentes para la población en general. No obstante esto, se comenta que el Servicio de Protección Radiológica tiene encomendado reglamentariamente tareas de vigilancia y control de estos efluentes con lo cual se descargan vertidos que en realidad son diez mil veces inferiores a los mencionados límites de dosis, mediante un seguimiento pormenorizado de causas y procesos que dan lugar a dichos vertidos.

Otra vez sale el Servicio de Protección Radiológica, delante de la sociedad, como garante independiente de la organización de Producción, en la consecución de la minimización del impacto ambiental. Este Servicio por añadidura es el que controla y vigila dicho impacto en el exterior mediante un Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental.

Seguidamente viene la pregunta que ecológicamente es la más controvertida. - ¿Qué se hace con los residuos radiactivos? - Se indica que en toda industria se producen, independientemente de las emisiones reglamentadas al exterior, una serie de residuos que en función de su nocividad es necesario tratar.

El tratamiento, cuando la nocividad es radiológica, es básicamente el almacenamiento del residuo y aislamiento respecto al medio ambiente, para que una característica de su naturaleza, que es la desintegración radiactiva, haga bajar su radiactividad y nocividad en el transcurso del tiempo.

Se comenta que, en función de su radiactividad, los residuos radiactivos se clasifican en residuos de alta, media y baja actividad y se prosigue diciendo que si bien los residuos



de alta actividad son muy nocivos, y su peligrosidad se hace latente durante mucho tiempo, su volumen es muy pequeño (unos pocos metros cúbicos por año y reactor), pues se circunscriben a los elementos combustibles gastados.

Para dar sentido positivo a este hecho, se añade que tecnológicamente es más fácil aislar (mediante las correspondientes barreras entre residuo y naturaleza), pocos metros cúbicos de residuos altamente radiotóxicos, que millones y millones de metros cúbicos de residuos menos tóxicos por unidad de volumen pero que efectivamente y globalmente se vierten al medio ambiente, como son el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , etc., causantes por ejemplo del efecto invernadero en la Tierra.

Es entonces en los residuos de baja y media actividad (filtros, resinas, componentes, tuberías, materiales de desecho, textiles, plásticos, etc...), donde interviene la gestión y el control de Protección Radiológica, que al igual que en el impacto radiológico al trabajador, al público y al medio ambiente tiene como política la minimización de dicho tema, para lo cual genera una segregación de los residuos en origen entre radiactivos y no radiactivos, complementado con procesos de descontaminación de las chatarras metálicas, tuberías, componentes, etc...

Es cuando como colofón final se añade que las Centrales nucleares en España como industrias de calidad y respetuosas con el medio ambiente, creen y aplican los principios de segregación, minimización y reciclaje de los residuos que generan tal como la sociedad pide.

Finalmente la pregunta más difícil: ¿Qué pasaría en el caso que tuviesen un accidente radiactivo?

En este caso, se serena a nuestro interlocutor, argumentando, como ya se ha comentado, que estamos en una industria muy segura, que en diseño pone a disposición de la planta una serie de mecanismos preventivos y de protección, para que las consecuencias de dicho accidente sean las mínimas posibles.

Adicionalmente se añade que, como pilar básico para hacer frente a las consecuencias radiológicas del accidente, se cuenta con absolutamente todos los técnicos de Protección Radiológica de la central nuclear, que en número adecuado, tienen todos sobrada experiencia operativa para actuar ante exposiciones a las radiaciones, tanto esperadas como inesperadas, ya sea en el interior o en el exterior de la central, siendo dicha organización la que evalúa el peligro potencial existente, así como las acciones a tomar para con los trabajadores y con la población en general, en este último caso poniéndose a disposición de los organismos oficiales competentes.

No obstante, la integración en la empresa de todos estos conceptos importantísimos no siempre son evidentes, incluso para el personal integrante de las diferentes organizaciones de la misma, pues cada uno cumple, y bien, con su misión particular y diferenciada: Operación en producir con seguridad; Mantenimiento en mantener con rigor y eficacia; Servicios Económicos en gestionar y optimizar el gasto y la inversión, etc.... pero - ¿quién se responsabiliza de actuar para conseguir una central limpia, vigilada y controlada radiológicamente tanto en el interior como en el exterior, con una política clara de consecución de excelencia de resultados en temas que impactan en la sociedad?. - Hoy por hoy, Protección Radiológica.

Conseguir una gestión técnicamente correcta y unos resultados de calidad en estos aspectos implica intrínsecamente gasto a la empresa, y si se hace bien y se llega a la excelencia, esta situación es un bien preciado para la misma. Entonces ese estatus, en recursos técnicos y humanos, forzosamente también es el óptimo económicamente.

La Sociedad demanda seguridad, nos pide justamente eso, como por ejemplo, reclama una memoria de impacto ambiental en procesos diferentes al radiológico: en construcciones de carreteras, explotaciones químicas, reciclajes, gestión de basuras y residuos, y así cualquier produc-

to comercial que se precie de tener calidad ha de tener valorado su impacto en la naturaleza.

La Sociedad y las empresas han entendido que no podemos producir sin más, para conseguir los máximos beneficios, obviando el detrimento que esto cuesta a la misma. Hay que pagar un precio, se debe paliar el impacto producido y regenerarlo.

A modo de ejemplo podríamos citar los desastres de desecación y contaminación química del Mar Aral en la extinta Unión Soviética, o la contaminación de los ríos en las sociedades industriales como la nuestra, que nos ha hecho ver como normal, lo anormal, es decir ríos convertidos en cloacas, y tantos otros ejemplos.

Para finalizar, añadir que la Protección Radiológica no es una gestora de riesgos, capaz de decidir si es aceptable

o no asimilarlos, como alguien podría hacer ver. La Protección Radiológica está creada fundamentalmente para minimizarlos, integrando criterios propios a las organizaciones de explotación y mantenimiento, basándose en un conocimiento exhaustivo del estado radiológico de la instalación y poniéndose al servicio de la empresa en la consecución de sus logros de seguridad para los trabajadores y la Sociedad en general.

En este sentido cabe decir que ha sido la Sociedad y los Organismos e Instituciones nucleares integradas en ella, quien precisamente han pedido que exista ese Servicio de Protección Radiológica, independiente de los Servicios de Producción y Mantenimiento, para hacer valer y hacerse cargo de estos temas, y el resultado es que nos ha funcionado bien. No podemos saber, como le hubiese ido a la industria nuclear sin dicho Servicio, probablemente mal.



## EL MERCOSUR y la Protección Radiológica

*Diva E. Puig*

Los países miembros del Tratado de Asunción, que creó el Mercado Común del Sur —26 de marzo de 1991—: Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, tienen una diferente situación en cuanto al desarrollo de la tecnología nuclear y se pueden dividir en dos grupos, por un lado Argentina y Brasil, con sus programas de centrales nucleares de Atucha I, Atucha II —en construcción— y Embalse y Angra do Reis en Argentina y Brasil respectivamente y, por otro, Paraguay y Uruguay, donde no existen centrales de generación nucleoelectrica pero sí programas de aplicación de la ciencia y tecnología nuclear en medicina, industria, investigación y agricultura.

En virtud de que por el Tratado de Asunción los Estados asumen el compromiso de armonizar sus legislaciones en las áreas pertinentes a fin de obtener la fortificación del proceso de integración, sería conveniente lograr un armonización de la legislación en Protección Radiológica —y en esto están trabajando Argentina y Brasil— siguiendo los principios y bases técnicas preparadas por recomendaciones de organizaciones internacionales, sin dejar de tener en cuenta las diferencias existentes ya comentadas en cuanto al desarrollo de la ciencia y la tecnología nuclear en los países de la región.

En esta área es muy útil una cooperación regional e internacional, más aún entre estos países que son miembros del Tratado y que tendrán una legislación común en otras áreas. Esta cooperación y uniformización así como los acuerdos bilaterales son importantes para la integración de América Latina y en especial en cuestiones de transferencia de materiales radiactivos de un país a otro, asistencia en emergencias, y el comercio de alimentos irradiados con radiación para su preservación.

Sería de importancia tener un marco legislativo y reglamentario común en el MERCOSUR en esta materia.

Paraguay y Uruguay, como casi todos los países, utilizan las radiaciones ionizantes con fines sociales, económicos o sani-

arios. Esto señala la necesidad de realizar actividades de protección radiológica.

Una mejor protección a los trabajadores y al público contra los efectos dañinos de la radiación ionizante debe ser un componente invariable de las aplicaciones de las radiaciones ionizantes.

Cuando el control de las fuentes de radiación ionizante ha sido inadecuado, han ocurrido diversos accidentes en muchas partes del mundo, con las consecuencias inevitables de lesiones, muchas veces muerte y daños a las propiedades, con significativas consecuencias económicas. Con mayor control, los accidentes, que no respetan fronteras, pueden ser evitados.

El rol de la Protección Radiológica es no solamente proteger al Hombre, al Medio Ambiente y la economía de los países contra los efectos adversos que pueden ser causados por las radiaciones ionizantes sino también proporcionar garantías de seguridad con recomendaciones autorizadas, bien interpretadas y poniendo a la Protección Radiológica en la perspectiva correcta.

Después de los accidentes importantes de la década del 80, la estrecha coordinación entre áreas como legislación, organización del organismo regulatorio y aplicación de criterios y procedimientos técnicos adecuados ha hecho que los países estén en mejores condiciones en cuanto al control de fuentes radiactivas, y en el MERCOSUR debemos trabajar por una mayor cooperación y coordinación, para mejorar dicho control en la región.

Como se describió más arriba, la situación en el MERCOSUR tiene una marcada diferencia entre Argentina y Brasil, por un lado, y Uruguay y Paraguay, por otro.

Los dos primeros países cuentan con centrales nucleares para producción de energía eléctrica; además ambos poseen

experiencia propia en la operación y mantenimiento de instalaciones de este tipo, y una infraestructura industrial para su diseño y construcción.

A fines de 1970 Brasil anunció un ambicioso programa nuclear, del cual en la actualidad sólo está operando la central nucleoelectrónica de Angra I.

Argentina tiene dos centrales nucleares en operación comercial —Atucha I y Embalse—. La tercera, Atucha II, está en avanzado estado de construcción, aunque no se puede precisar la fecha de su puesta en servicio.

Se aprecia un trabajo conjunto importante entre estos dos países, mereciendo destacarse principalmente la Agencia Brasileña-Argentina para el Control de Materiales Nucleares así como otros Acuerdos.

Sin embargo, aún con la diferencia señalada, entiendo que se deberían extremar los trabajos conjuntos entre los cuatro integrantes del Tratado de Asunción, ya que existen temas comunes a estos países, donde sería beneficioso encarar un trabajo conjunto de uniformización de sus legislaciones y reglamentos, siguiendo las recomendaciones de organismos internacionales, fundamentalmente las NBS del OIEA (SS. No. 115, 1996).

También se debería trabajar coordinadamente en la realización de acuerdos para la colaboración y asistencia en el caso de una emergencia radiológica, previendo el intercambio de expertos y materiales a tales fines, teniendo presente las Convenciones que a tales efectos hayan ratificado los países y extremar los esfuerzos para que los cuatro países ratifiquen las Convenciones en vigor.

Señalemos a continuación cuál es la situación en este sentido:

— *Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares* del 21 de mayo de 1963.

Argentina —por ley 17.048 de 2 de diciembre de 1966— ratificó la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares de 1963 y firmó el protocolo Común relativo

a la aplicación de la Convención de Viena y el Convenio de París, de 21 de septiembre de 1988.

Brasil se adhirió a esta Convención el 26 de marzo de 1993.

— *Convención sobre Protección Física de Materiales Nucleares* de 3 de marzo de 1980.

Ratificada por Argentina, Brasil y Paraguay.

— *Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares y Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica*, de 26 de septiembre de 1986.

Argentina las ratificó por ley 23.731.

Brasil ratificó, con fecha 24 de febrero de 1988, la Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares y el 4 de diciembre de 1990 ratificó la Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica.

Uruguay ratificó ambas convenciones por ley 16.075 de 11 de octubre de 1989.

— *Convención sobre Seguridad Nuclear* de 17 de junio de 1994.

Argentina firmó la Convención sobre Seguridad Nuclear el 28 de febrero de 1996.

— *Convención Conjunta sobre Seguridad de la Gestión del Combustible Gastado y Seguridad de la Gestión de Desechos Radiactivos*, de 5 de septiembre de 1997, abierta a la firma el 29 de septiembre de 1997.

Brasil la firmó el 31 de octubre de 1997.

Uruguay y Paraguay deberían insistir en una más activa participación con Argentina y Brasil en trabajos y acuerdos conjuntos, sin desconocer el trabajo conjunto que se ha realizado en el Proyecto ARCAL XX.



El Programa ARCAL (Arreglos Regionales Cooperativos para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en América Latina) consiste en la realización de proyectos de cooperación regional en el uso pacífico de la energía nuclear, que se desarrollan bajo los auspicios del OIEA. El Proyecto ARCAL XX: Directrices para el control de Fuentes de Radiación tiene como objetivo promover un desarrollo armónico normativo para garantizar un efectivo control de las fuentes de radiación adoptando las Normas Básicas Internacionales de Seguridad. En este proyecto el único país del MERCOSUR que no participa es Paraguay.

Es importante destacar los encuentros de presidentes de organismos nucleares del MERCOSUR que se han llevado a cabo hasta el momento.

Aquí también ocupa un papel importante la realización de un programa conjunto de enseñanza, capacitación e información al público, sus representantes, magistrados, y medios de comunicación sobre este tema. El miedo es producido por desconocimiento, y para ello debe haber una información correctamente proporcionada así como una formación en este aspecto.

## VII CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA MESA REDONDA "LA DOSIMETRÍA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS"

**E**n la tercera sesión plenaria del reciente VII Congreso de nuestra Sociedad se celebró una Mesa Redonda sobre "La dosimetría de los trabajadores expuestos". En ella actuaron como ponentes Ignacio Amor, del Área de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear (España), Christian Thézée, responsable de Protección Radiológica de Electricité de France (EDF) (Francia), Celso Osimani, de la Unidad de Radioprotección del Laboratorio de Ispra (Italia) y Vittorio Ciani, Administrador Principal de la Dirección General de Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil de la Comisión Europea, que a su vez actuaba como Presidente de la Mesa Redonda.

En primer lugar, Ignacio Amor destacó los aspectos más significativos de la dosimetría externa de los trabajadores profesionalmente expuestos en España. En el plano histórico cabe resaltar que desde 1992 la dosimetría de todos los trabajadores se realiza mediante dosímetros termoluminiscentes; la de los trabajadores de las centrales nucleares por servicios de dosimetría personal de las propias centrales nucleares y el resto por diferentes servicios públicos y privados, totalizando veinte servicios de dosimetría personal, autorizados, inspeccionados y auditados todos ellos por el Consejo de Seguridad Nuclear, tal como se regula en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (1992).

Según datos de 1996 existían 82.458 trabajadores controlados dosimétricamente, de los que solamente 124 recibieron dosis que superaron 20 mSv/año. Ello hizo concluir al ponente que en España existe una buena predisposición de las instalaciones nucleares y radiactivas para el cumplimiento de los límites de dosis de la Directiva 96/29 Euratom (100 mSv en un período de cinco años) que estarán vigentes hacia el año 2000. En el campo de la dosimetría interna las diferentes centrales nucleares disponen de sus propios servicios de dosimetría, contándose además con el del CIEMAT.

Igualmente resaltó que el CSN dispone de un Banco Dosimétrico Nacional que centraliza los historiales dosimétricos de todos los trabajadores profesionalmente expuestos en España, permitiendo un mejor control regulador de las dosis ocupacionales y posibilitando la identificación de áreas de interés desde el punto de vista del principio ALARA. En marzo de 1998, contenía alrededor de 2.900.000 registros dosimétricos, correspondientes a 155.000 trabajadores.

Por último, comentó que el borrador de la nueva versión del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, en el que se recogen las recomendaciones de la Directiva 96/29, está en fase de distribución, siendo las implicaciones más relevantes de la transposición de dicha Directiva a la normativa

española: la incidencia del nuevo límite de dosis para exposición de mujeres embarazadas en el nivel de registro actual, la incidencia de las nuevas magnitudes dosimétricas en el cálculo de las dosis neutrónicas y la adaptación de la metodología de cálculo de dosis internas al nuevo modelo metabólico del ICRP-66.

Christian Thézée, por su parte, se circunscribió exclusivamente a la protección radiológica de los trabajadores de las centrales nucleares francesas. En Francia la Directiva 96/29 está igualmente pendiente de transposición y para llevarla a cabo se ha creado un Comité interministerial encargado de dicha transposición asesorado por cuatro grupos de expertos. Entre las modificaciones que se prevén está la posibilidad de admitir otros métodos dosimétricos diferentes del fotográfico, que hoy día es el único oficialmente autorizado.

M. Thézée expuso que los distintos explotadores de las centrales nucleares han puesto en marcha una dosimetría operacional, con dosímetros electrónicos para radiación gamma, en paralelo a la dosimetría reglamentaria. Para ello, EDF ha desarrollado una Base de Datos (DOSINAT) en la que acumulan los resultados de la dosimetría operacional de cerca de 30.000 trabajadores propios y subcontratados en los 57 reactores de potencia que gestiona. Además se está



desarrollando una Base de Datos Nacional (DOSIMO) para los resultados de la dosimetría operacional de los trabajadores exteriores a las diferentes centrales nucleares en la que colaboran igualmente otros explotadores: el Comisariado de Energía Atómica (C.E.A.) y la Compañía General de Materiales Nucleares (COGEMA).

Por último, el ponente presentó los resultados que EDF ha obtenido dentro del proyecto ALARA para la reducción de las dosis y de la dispersión de las mismas, que había establecido como objetivos que no existiera ninguna dosis anual superior a 20 mSv (en 1997 eran 193 casos para una población de 28.968 trabajadores) y que la dosis colectiva por reactor y año fuera inferior a 1.2 Sv.hombre (en 1997 era 1.43 Sv.hombre). Dentro de dicho contexto comentó las implicaciones sociales y laborales que la consecución de dichos objetivos podía tener dentro del colectivo de trabajadores temporales de las empresas externas que habitualmente recibían dosis muy superiores a las de los trabajadores de las propias centrales.

Celso Osimani presentó el panorama actual de la dosimetría de los trabajadores en Italia. En dicho país en 1995 se publicó un Decreto nacional en el que se recogían ya las nuevas recomendaciones de la ICRP contenidas en la Directiva 96/29. En dicho Decreto se definen como trabajadores expuestos los que pueden superar una dosis de 1 mSv/año, clasificando en categoría A si pueden superar 6 mSv/año y categoría B si no lo superan.

En la legislación italiana está perfectamente definida, desde el punto de vista de acreditaciones y atribuciones, la figura jurídica del Experto Cualificado, que es el único que puede efectuar la evaluación de las dosis. Dichas acreditaciones tienen carácter exclusivamente nacional por lo que establecen serias dificultades para el libre ejercicio de la profesión por parte de expertos cualificados de otros países de la Unión Europea, por lo que será necesario establecer protocolos de reconocimiento mutuo de acreditaciones.

En Italia los Servicios de Dosimetría Personal (SDP) no necesitan autorización oficial. No obstante, en la nueva normativa se contempla que su actuación debe estar sujeta a la vigilancia de la Agencia Nacional del Medio Ambiente (ANPA) a quien se debe notificar su funcionamiento. En cualquier caso el Experto Cualificado es responsable de la fiabilidad del SDP que escoja. Para ayudar a los Expertos Cualificados en su elección, desde 1985 el Grupo ENEA-EDP (Expertos de Dosimetría Personal) lleva a cabo un Programa Voluntario de Acreditación de Servicios de Dosimetría Personal. Dicho Programa tiene dos fases; en la primera se analiza la cualificación del personal y la adecuación del equipamiento disponible. En la segunda fase se irradian dosímetros a diferentes dosis y energías y el SDP tiene que evaluar las dosis. Si se superan ambas fases, el SDP queda acreditado por tres años, renovándose por otros tres años tras superar una nueva prueba de irradiación de dosímetros. Dicha acreditación no tiene ningún valor legal. En Italia, existen alrededor de 100

SDP que procesan más de 2.000.000 de dosímetros al año.

No existe un Archivo Nacional de Dosis de todos los trabajadores expuestos. No obstante, el ENEA (Ente Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) dispone de un Banco de Datos que recoge las dosis de cerca de 50.000 trabajadores, suministrados por alrededor de veinte SDP, que suponen el 50% de los trabajadores expuestos en todo el país. El Dr. Osimani comentó la dificultad de llevar a cabo la creación de tal Archivo dado que el Experto Cualificado es el responsable final de la evaluación de las dosis y éstas pueden no coincidir con las suministradas por los SDP.

Finalmente el ponente presentó la distribución de dosis equivalentes correspondientes a los años 1988 a 1990 para diferentes colectivos de trabajadores de su país.

La última de las ponencias de la Mesa Redonda fue presentada por Vittorio Ciani, quién expresó el punto de vista de la Comisión Europea. Recalcó que ya en el Tratado de EURATOM (1959) se fijó la necesidad de establecer normas de seguridad uniformes para la protección sanitaria de la población y de los trabajadores. Pasó revista a los puntos más novedosos recogidos en la Directiva 96/29 que deberá ser transpuesta a las legislaciones nacionales antes del 13 de Mayo del año 2000. Entre ellos destacó la problemática de la puesta en marcha de la limitación de la dosis al feto a 1 mSv durante todo el embarazo.



Finalmente, dentro de la iniciativa de armonización presentó el proyecto ESO-REX (European Study of Occupational Radiation EXposure). El proyecto consiste básicamente en el estudio de los diferentes sistemas nacionales de registro de la exposición ocupacional individual a las radiaciones, así como un análisis estadístico de los datos de cada país para el año 1995. El estudio indicará las posibilidades de armonización de los diversos sistemas de monitorización de la exposición ocupa-

cional y permitirá obtener conclusiones sobre los pasos a seguir de cara a una armonización de las disposiciones legales en cada país. En el proyecto participan además de los 15 países de la Unión Europea, Islandia, Noruega y Suiza.

Durante el debate que siguió a las ponencias se formularon diversas preguntas. En una de ellas se planteó cuál era la política de los distintos países de cara a la transposición de la Directiva 96/29, respondiéndolo-

se que era muy dispar; así Francia tiene previsto reescribir toda la normativa, mientras que Austria pretende cambiar lo mínimo. Por su parte, Christian Thézé afirmó que no tenía información sobre el sistema de acreditación de los SDP en Francia y no entró a cuestionarse la validez legal de los resultados de la dosimetría electrónica, reafirmando que es mucho más ágil que la de película que es la reglamentaria en Francia.

**Emilio Casal**

## PÍO CARMENA, ELEGIDO PRESIDENTE DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE EXPOSICIONES OCUPACIONALES (ISOE)

**P**ío Carmena Servert, de UNESA, que representa a las Centrales Nucleares Españolas en el Comité de Dirección del Sistema de Información sobre Exposiciones Ocupacionales (ISOE), ha sido elegido Presidente del citado Comité para los próximos dos años. Este Sistema, de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (AEN) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), tiene como objetivo el intercambio entre sus miembros de información relacionada con las exposiciones ocupacionales a radiaciones ionizantes recibidas por los trabajadores de las centrales nucleares de todo el mundo. España participa en ISOE desde su origen, en 1990, a través de UNESA y el CSN.

El ISOE está organizado en cuatro centros regionales: CEPN, para Europa;



la Universidad de Illinois, para América del Norte; NUPEC para la zona asiática y el OIEA para países no pertenecientes a la OCDE. Participan en este Sistema un total de 382 centrales nucleares en funcionamiento y 37 en desmantelamiento de 25 países, lo que representa más del 90% del parque nuclear mundial. La

transmisión de la información se hace a través de cuatro bases de datos que se actualizan periódicamente y a la que tienen acceso los participantes. Estas bases son: NEA1, con datos anuales de dosis colectivas desglosado por tareas; NEA2 con datos técnicos y operativos de cada instalación; NEA3 con resúmenes de actuaciones y medidas técnicas que se han traducido en reducciones de las exposiciones en operaciones concretas; y NEAD con datos de dosis colectivas anuales recibidas por los trabajadores en las operaciones de desmantelamiento. El presupuesto anual total del sistema es de unos 65 Mpta.

Adicionalmente, ISOE elabora documentos técnicos a través de distintos Grupos de Trabajo, como el Manual de Gestión del Trabajo para la Optimización



de las Dosis en cuya elaboración ha participado UNESA que, también, está procediendo a su traducción al español. Asimismo, anualmente se organiza un Seminario que se celebra alternativamente en Europa y Estados Unidos. En él se presentan las últimas novedades y experiencias relacionadas con la optimización

de las exposiciones ocupacionales en centrales nucleares.

ISOE tiene relaciones institucionales y de colaboración con otros organismos involucrados en esta materia, como son la UE, WANO o el Brookhaven National Laboratory (BNL). Próximamente, la documentación y funciones del centro ALARA del

BNL, que se ocupa de esta temática con financiación de la NRC, pasarán al Centro Regional de América del Norte.

ISOE es actualmente el sistema de referencia a nivel mundial en el área de la optimización de las exposiciones ocupacionales a las radiaciones ionizantes en las centrales nucleares.

## NOTAS SOBRE LA REUNIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO DEL PRÓXIMO CONGRESO IRPA-10

Los pasados días 15, 16 y 17 de octubre de 1998 se reunió en Oita (Japón) el Comité Científico encargado de elaborar el programa del próximo congreso IRPA-10 que, como es sabido, se celebrará en Hiroshima (Japón), del 14 al 19 de mayo del año 2000. Los objetivos fundamentales de la reunión eran: discutir y determinar la estructura y formato definitivos para el programa del congreso, cerrar la lista de temas para las sesiones plenarias, las sesiones técnicas y los cursos de refresco, así como identificar a las personas más cualificadas para presentar los temas a tratar y para presidir las sesiones, además de elaborar el texto definitivo que se publicará con el segundo anuncio del Congreso, que será distribuido a finales de enero de 1999.

El programa del congreso comprenderá 6 presentaciones invitadas (la conferencia Sievert y 5 presentaciones de organismos internacionales), 3 simpo-

**IRPA-10**



**Hiroshima (Japón), 14-19 Mayo, 2000**

sios en forma de mesa redonda, 26 sesiones técnicas - consistentes en una presentación invitada y 6 ponencias elegidas entre los resúmenes enviados por los participantes en general -, 26 sesiones de pósters con tiempo dedicado para su exposición y discusión, el foro de las sociedades miembros de la IRPA, la asamblea general de la IRPA y 16 cursos de refresco a primera hora de la mañana.

En línea con el lema del Congreso: "La armonización de la radiación con la vida humana y el ecosistema", los temas de

las mesas redondas serán: "Los efectos sobre la salud de la exposición a dosis y tasas de dosis bajas", "Adopción de decisiones sobre intervención en situaciones de exposición crónica del público" y "Retos para la protección radiológica en el siglo XXI: utilización, medida y protección frente a las radiaciones".

La lista de sesiones técnicas comprende todo el espectro de temas de actualidad en Protección Radiológica. Si bien su enumeración podría resultar algo voluminosa para esta nota, sí es conveniente indicar que se ha alcanzado un equilibrio bastante acertado entre las distintas áreas que abarca el congreso, con 3 sesiones sobre exposición a la radiación natural, 1 sobre efectos a la salud, 5 sobre dosimetría e instrumentación, 4 sobre PR y medio ambiente, 5 sobre residuos radiactivos y desmantelamiento, 4 sobre accidentes radiológicos y nucleares, 3 sobre PR ocupacional, 2 sobre PR en medicina, 1 sobre protección contra

radiaciones no ionizantes, 2 sobre normativa y su interpretación y 1 sobre comunicación (algunas sesiones cubren más de un área temática).

Por último, los 16 cursos de refresco o puesta al día (llamados en esta ocasión "eye-openers"), 4 en paralelo cada día, ofrecen también una temática muy variada en la que cualquier profesional podrá encontrar un programa adaptado a su campo de trabajo, o a su curiosidad.

Como novedad con respecto a anteriores ediciones, las sinopsis de las ponencias

serán publicadas en un libro, mientras que las ponencias completas, con una extensión de hasta 10 páginas, mayor que nunca, lo serán únicamente en CD-ROM.

Esta décima edición del Congreso Internacional de la IRPA ha de suponer una gran oportunidad de encontrarse con colegas de todo el mundo, en especial los del lejano Oriente, dado que es la primera vez que se celebra un congreso de estas características en el continente asiático, y en un lugar tan emblemático para la Humanidad como Hiroshima.

También hay que recordar a los socios de la SEPR que nuestra candidatura para organizar en Madrid el siguiente Congreso, IRPA-11, será defendida - y esperamos que aprobada - durante la Asamblea General de la IRPA en Hiroshima. Si bien aún queda tiempo hasta recibir el segundo anuncio del congreso, se anticipa que la fecha límite para el envío de sinopsis será el 1 de septiembre de 1999. Se sugiere apuntar en la lista de direcciones interesantes de Internet la página del congreso: <http://www.convention.co.jp/irpa10/>.

**Eduardo Gallego Díaz**

## COMISIONES DE LA JUNTA DIRECTIVA

**E**n el Editorial del anterior número de la Revista se puso de manifiesto el interés de la Junta Directiva de iniciar el funcionamiento de las Comisiones previstas en la Estructura Funcional de la SEPR aprobada en la Asamblea General Extraordinaria del 16 de octubre de 1997.

Con este objetivo, durante la reunión celebrada el pasado 24 de septiembre, los responsables de las cinco Comisiones presentaron la propuesta de configuración de cada Comisión. Los candidatos propuestos han sido seleccionados según los criterios siguientes:

- Voluntariedad y compromiso manifestado por los socios a través de la encuesta difundida durante los meses de abril y mayo.

- Pluralidad y representatividad de los distintos sectores de actividad encuadrados en la SEPR.
- Grado de disponibilidad de los miembros para asumir las tareas propias de las Comisiones.

La Junta Directiva aprobó las propuestas presentadas, quedando constituida cada una de las Comisiones por los siguientes miembros:

### **A) Comisión de Asuntos Institucionales:**

Arranz, Leopoldo  
Cancio, David  
Carboneras, Pedro  
Carmena, Pío  
Gil, Eugenio  
Peña, Juan José  
Rivas, Monserrat

Responsable: Xavier Ortega. Presidente SEPR.

### **B) Comisión de Actividades Científicas:**

Amor, Ignacio  
Arranz, Leopoldo  
Baró, Josep  
Fernández Moreno, Francisco  
Hernández Armas, José  
Iñiguez, Jerónimo  
Sáez, J. Carlos  
Torres, Ricardo

Responsable: Ignacio Hernando. Vicepresidente SEPR.

### **C) Comisión de Normativa:**

Díez, Asunción  
Fernández Bordes, Manuel  
Font, Joan  
García-Bermejo, Rafael



Leal, Andrés  
López Franco, Pilar  
Ortiz, María Teresa  
Responsable: Marisa España. Secretaria General SEPR.

**D) Comisión de Comunicación y Publicaciones:**

Corpas, Luis  
Fernández, José Miguel  
Gutiérrez, José  
Macías, María Teresa  
Marchena, Paloma  
Navarro, Teresa  
Prieto, Carlos

Sollet, Eduardo  
Responsable: Antonio López Romero.  
Vocal SEPR.

**E) Comisión de Asuntos Económicos y Financieros:**

Bezares, Mercedes  
Campayo, Juan Manuel  
De Frutos, Jesús  
Marco, Marisa  
O'Donnell, Patricio  
Ortiz, María Teresa  
Recio, Félix  
Responsable: Pío Carmena. Tesorero SEPR.

Por último, la Junta Directiva quiere agradecer la colaboración prestada por los socios de la SEPR y resaltar que estas Comisiones son órganos dinámicos y abiertos a variaciones en su composición. De esta forma, en esta constitución preliminar no se ha agotado el número máximo de componentes (10 por cada Comisión), para permitir poder realizar incorporaciones futuras, en función de las necesidades del desarrollo de las mismas y del propio interés de los socios.

## II CURSO "AVANCES EN RADIOBIOLOGÍA"

23-27 de noviembre de 1998

Este segundo curso, al igual que el primero, ha sido organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear y el CIEMAT, con el objetivo de presentar los conocimientos más actuales sobre los efectos biológicos producidos por la radiación ionizante, con un énfasis muy especial a los efectos derivados de la exposición a las bajas dosis.

La radiobiología es un campo de máxima actualidad derivado de la necesidad de profundizar en el conocimiento de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes para mejorar el sistema actual de Protección Radiológica. En este contexto, el curso ha ofrecido la posibilidad a los profesionales vinculados a la Pro-



tección Radiológica de acercarse al estado actual del conocimiento de los efectos producidos en los seres vivos tras la exposición a dosis bajas y bajas tasas de dosis.

Se abordaron en profundidad las bases del conocimiento que se tiene en la actualidad de dichos efectos, derivadas tanto de estudios epidemiológicos como de estudios experimentales y las metodologías aplicadas por los organismos internacionales para la estimación del riesgo a la salud derivado de la exposición a las radiaciones ionizantes. Se presentaron también los aspectos, que según el consenso internacional de los expertos más reconocidos, son prioritarios de resolución en el campo de la radiobiología con objeto de reducir las

incertidumbres asociadas al cálculo del riesgo radioinducido. Se trataron también los aspectos legales asociados a los exámenes de salud y otros aspectos importantes de la materia.

El curso ha estado dirigido a los profesionales del campo de la radiobiología, los Servicios Médicos de Salud Laboral y Servicios Médicos Especializados en el seguimiento de los trabajadores profesionalmente expuestos, así como a expertos en Protección Radiológica que desean profundizar en el área de la Radiobiología.

El curso se impartió del 23 al 27 de noviembre de 1998, con una duración de cuatro días en jornada de mañana y tarde. Asistieron unas 20 personas, la mayoría de servicios médicos homologados por el Consejo de Seguridad Nuclear, mutuas laborales y hospitales de distintas provincias o regiones como León, Guadalajara, Madrid, Asturias, Málaga y Cataluña. Casi

todos los asistentes eran médicos de profesión junto con la presencia de un biólogo, un farmacéutico, un veterinario y un ATS.

El curso se cerró con la celebración de una Jornada Científica que bajo el título "PROBLEMÁTICA ACTUAL DERIVADA DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES" tuvo lugar en el salón de actos del CIEMAT el viernes 27 de noviembre por la mañana. Actuó de moderador el Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear D. Agustín Alonso y reunió al Dr. Philippe Hubert del IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire) de Francia, al Dr. Edward Lazo de la Agencia de la Energía Nuclear (NEA) de la OCDE y al Dr. Jack Sinnaeve, Jefe de la Unidad de Protección Radiológica de la DG XII de la UE.

El profesor Alonso, centró su disertación sobre las dificultades a las que se enfrenta un organismo regulador que tiene que establecer normas de Protec-

ción Radiológica sin conocer los fundamentos científicos de lo que se regula.

El Dr. Hubert repasó los resultados de los estudios epidemiológicos más relevantes que se han realizado o están en curso de realización en relación con los efectos de las radiaciones ionizantes.

El Dr. Lazo refirió aquellos aspectos de más trascendencia de la protección radiológica respecto a la relación dosis-efecto, causalidad, susceptibilidad genética y efectos combinados con otros agentes ambientales y su posible influencia en la futura regulación y normativa.

Por último, el Dr. Sinnaeve se refirió a los aspectos de protección radiológica del V Programa Marco de I&D de EURATOM.

La sesión finalizó con un animado e interesante coloquio.

**Eduardo Sollet**

## LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO RADIOLÓGICO EN EL ÁREA SANITARIA: UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN EL QUE PARTICIPAN 11 PAÍSES IBEROAMERICANOS

La SEPR está coordinando, dentro de las acciones del GRIAPRA, un proyecto de investigación sobre la percepción del riesgo radiológico en el área sanitaria, el primero que se hace en este sector y en el que participan México, Cuba, El Salvador, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Uruguay, Argenti-

na y España. En nuestro país, están colaborando todos los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica de los hospitales públicos, lo que totalizan más de 200 personas involucradas en la toma de datos. El objetivo es recoger más de 20.000 encuestas entre los especialistas cualificados (facultativos, enfermería,

técnicos, personal, organismos reguladores, etc.) y los pacientes.

Con ocasión del 4.º Congreso Regional organizado en La Habana en el pasado mes de octubre, se presentó dicho proyecto a la comunidad iberoamericana, que fue acogido con mucho interés.



## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La toma de conciencia de la percepción de los riesgos tecnológicos por parte de la población es un hecho relativamente reciente. Es precisamente, a principios de la década de los 70, cuando se juzga irrealizable la investigación del riesgo nulo. En consecuencia, los Principios Reglamentarios se han fundamentado en la búsqueda de prácticas y niveles de riesgo "aceptables".

En el área de las radiaciones, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha usado riesgo como sinónimo de probabilidad de un efecto perjudicial (principalmente cáncer letal y daño hereditario grave). Sin embargo, fuera del campo de la Protección Radiológica el riesgo tiene otros significados diferentes, incluyendo el significado común e impreciso en el lenguaje cotidiano de amenaza de un suceso indeseable, que incluye tanto la probabilidad como el tipo de suceso.

La ICRP desarrolló, en esos años, el Sistema de Limitación de Dosis para disminuir la probabilidad de efectos radioinducidos con el objetivo de que toda actividad debía estar justificada y bajo unas condiciones de protección tales que las exposiciones sean mantenidas tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

En el concepto de riesgo se incluye una serie de factores que, además de aquellos más fácilmente cuantificables, influyen en la toma de decisiones sobre



la aceptación del riesgo. Tales factores son, por ejemplo, si el riesgo es impuesto o voluntario, si la consecuencia es nueva o familiar, así como la gravedad de la consecuencia y el momento de su ocurrencia en el tiempo.

Este término ampliado de la palabra riesgo se convierte así en un concepto multidimensional.

La percepción pública del riesgo radiológico es, desde hace más de una década, un continuo factor de discusión en la gestión del riesgo. Esta percepción, acto de reconocer y comprender los riesgos radiológicos, está relacionada con la información transmitida y las conductas seguidas en materia de protección y radiación. Por ello, para que exista una percepción correcta es necesario que la transmisión del conocimiento de expertos e instituciones (políticos o autoridades) al público, sea adecuada, teniendo

en cuenta la forma de comunicación y las personas encargadas de la misma.

Los estudios sobre la percepción del riesgo suelen responder a los siguientes objetivos:

1. Percepción.

- 1.1. Conocer cómo el público evalúa los riesgos y comprender la razón de las diferencias observadas en diferentes grupos sociales.

- 1.2. Relacionar las percepciones con las actitudes y comportamientos.

2. Comunicación.

3. Adecuar los modelos cognitivos del emisor (expertos/instituciones) y del receptor (público).

La primera dificultad con que nos encontramos es que no existe una definición única de la palabra riesgo, como se ha reflejado previamente. Su sentido dependerá del contexto en que se utiliza. Por

definición, de acuerdo con lo expuesto, el riesgo es un concepto multidimensional, influido por numerosos factores en los que el hombre desarrolla sus acciones.

La percepción del riesgo es un tema de considerable interés, tanto para los científicos como para los políticos. Esta percepción puede ser analizada desde diferentes perspectivas como la aceptabilidad y la tolerancia.

Los estudios realizados, hasta el momento, permiten constatar que existe una lógica en la percepción social de este tipo de riesgos, que no se trata de razonamientos irracionales y sin sentido. La percepción del riesgo es mucho más que un mero proceso de información.

Sin embargo, la gestión de una situación o de una actividad de riesgo aceptable no ha suscitado entre la población la adhesión esperada. El riesgo no tiene el mismo sentido para todos y la definición de "aceptabilidad" dependerá del contexto de la situación considerada. Los expertos explican las diferencias que hay entre su percepción y la del público basándose en que éste último carece de información objetiva o presenta dificultades de comprensión.

En la actualidad se están llevando a cabo numerosos estudios sobre la percepción del riesgo (dentro del denominado Paradigma Psicométrico), que aunque difieren en el tipo y dimensiones del riesgo que evalúan, las muestras de sujetos empleadas, etc., no presentan grandes divergencias.

En el dominio del riesgo radiológico están implicados tres actores: los técnicos, los administradores y el público. Dado que cada uno tiene su propia opinión sobre el riesgo, su forma de evaluarlo y su forma de gestionarlo, pueden generarse conflictos.

En relación al sector sanitario, área en la que se desarrolla este Proyecto, el público acepta "a priori" los riesgos ya que percibe un beneficio a cambio. Pero, en realidad, nunca se ha hecho un estudio para conocer su opinión. Ante la pregunta de si un riesgo es aceptable, la respuesta dependerá del balance ventajas e inconvenientes. Este estudio se desarrolla en el Sector Sanitario, entre los países participantes del proyecto (México, Cuba, Perú, Brasil, El Salvador, Colombia, Uruguay, Ecuador, Argentina, Panamá y España).

En el presente estudio se analizarán las actitudes y opiniones de los tres actores implicados en el ámbito sanitario: Público, Especialistas y Administradores.

## OBJETIVOS

De acuerdo con los objetivos generales reflejados en el apartado anterior, en este estudio se pretende analizar la percepción del riesgo radiológico en el área sanitaria, de estos 3 sectores:

Los especialistas tienen una visión limitada y operacional del riesgo. Evalúan las exposiciones, las dosis y los riesgos (en términos de mortalidad o de

morbilidad) en situación normal o accidental. Recogen estadísticas, calculan probabilidades, evalúan las consecuencias y deciden la estrategia diagnóstica óptima.

Los administradores tienen una visión más amplia. Traducen el riesgo definido por los técnicos en costes, que confrontan con los beneficios de la situación. Elaboran normas y buscan opciones optimizadas para prevenir y disminuir el riesgo. Proponen los límites, a niveles de intervención, niveles de referencia, niveles de restricción de dosis para optimizar los diferentes procedimientos. Estudian programas de acción que priorizan según los casos.

Los individuos del público, los pacientes en este caso, perciben la situación de una forma global: mezclan los inconvenientes con las ventajas. Se apoyan en criterios cualitativos, muchas veces subjetivos, para juzgar sobre su salud.

Los objetivos de este proyecto son:

1. Identificar las razones que justifican la diferencia entre el riesgo estimado y el riesgo percibido, y localizar en qué colectivos son mayores esas diferencias.
2. Establecer aquellos aspectos, en relación con el riesgo radiológico, considerados de mayor importancia por el público (pacientes) y aquellos otros de gran importancia científica pero faltos de relevancia para el colectivo indicado.



3. Facilitar la adaptación del conocimiento científico a la información que se debe transmitir al público con objeto de mejorar su percepción.
4. Comparar los resultados obtenidos en los diferentes países integrantes del Proyecto.

Pero lo que se refiere a la Metodología, se aplicará un cuestionario con versiones adaptadas a las peculiaridades de los 3 colectivos indicados. El tamaño estimado de la muestra es de 25.000 personas.

En el ámbito sanitario, entre los "especialistas" se destacan dos colectivos diferenciados según su grado de vinculación con la aplicación de las radiaciones ionizantes: por un lado, los profesionales directamente implicados (especialistas de protección radiológica, médicos nucleares, radiólogos, radioterapeutas, enfermería, técnicos, etc.), y por otro lado, los indirectamente implicados (médicos prescriptores). En los colectivos especializados, por su bajo número, se deberá recoger el 100% de la muestra. En relación a los médicos prescriptores y enfermería, por su elevado número, se realizará un muestreo de conglomerado por unidades, siendo la unidad el Servicio.

En cuanto a los "administradores" (Organismos reguladores/regulatorios, Ministerio/Secretaría de Salud, organismos responsables del control de las instalaciones sanitarias, etc.), por tra-

tarse de un colectivo pequeño, a ser posible, se deberá conseguir la recogida de datos del 100% de la población (censo).

El colectivo de pacientes comprendería dos estratos: los pacientes (antes/durante/después del tratamiento médico, con un período máximo de seguimiento de 3 años) y pacientes de otras unidades de atención especializada. El muestreo será bietápico ya que una vez seleccionado el Hospital mediante muestreo de conglomerados, se realizará muestreo aleatorio proporcional al tamaño.

El calendario inicial es el siguiente:

*15 Abril 1998*

Envío del anteproyecto y del proyecto de encuesta a los coordinadores internacionales. Solicitud de comentarios. Elaboración de la encuesta. Estudios piloto en España y Uruguay. Revisión de la encuesta.

*15 Julio 1998*

Envío de la encuesta definitiva a los coordinadores nacionales e internacionales. Estudio del marco muestral por parte de cada coordinador. Petición de datos.

*30 Julio 1998*

Fecha límite de recepción en Madrid de los datos muestrales españoles. Estudio muestral español.

*15 Agosto 1998*

Fecha límite de recepción en Madrid de los datos muestrales de México, Bra-

sil, Cuba, Colombia, Perú y Uruguay. Estudio muestral internacional.

*15 Septiembre 1998*

Fin del diseño muestral.

*1 Octubre 1998*

Impresión de las encuestas.

*19 Octubre 1998*

La Habana (Cuba). Presentación del proyecto al Congreso de Seguridad Radiológica y Nuclear. Intervención de cada coordinador (mesa redonda).

*1 Noviembre 1998*

Envío de las encuestas a los países americanos (excepto Argentina).

*1 Diciembre 1998*

Envío de las encuestas a Argentina y a todos los hospitales españoles. Comienzo de la cumplimentación de la encuesta (5 meses).

*1 Mayo 1999*

Fecha límite de recepción, en Madrid, de las encuestas. Reunión de todos los coordinadores internacionales en Jarandilla (España) del 3 al 7 de mayo. Comienzo del análisis de datos (2 meses).

*1 Julio 1999*

Envío a los coordinadores del informe preliminar. Solicitud de comentarios (1 mes).

*1 Agosto 1999*

Fecha límite de recepción de comentarios. Comienzo del análisis definitivo con conclusiones.



## JUSTIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN OBJETO DEL PROYECTO

Conocer la opinión sobre la percepción del riesgo de los 3 sectores indicados permitirá identificar las razones que justifican la diferencia entre el riesgo percibido, en que colectivos son mayores esas diferencias y comparar los resultados obtenidos en los diferentes países integrantes del Proyecto.

El estudio se hará entre los países participantes del proyecto, indicados en el punto 1. De este estudio se podrá derivar el conocimiento del riesgo radiológico que tienen los diferentes colectivos en los distintos países, analizar su aceptabilidad y establecer o definir los cauces adecuados para mejorar las estrategias de comunicación, con objeto de acortar distancias entre el riesgo objetivo y el riesgo percibido.

## PREVISIÓN DE UTILIZACIÓN DE SUS RESULTADOS

Teniendo en cuenta que la toma de decisiones relacionada con el riesgo radiológico está influida por la actitud frente al riesgo que tienen los expertos que evalúan el riesgo, los Organismos Reguladores que toman las decisiones y el público que espera aceptar las decisiones, el conocimiento de la percepción del riesgo en los colectivos objeto de este trabajo puede condicionar la toma de decisiones y ayudar a mejorar la transmisión de conocimientos.

Cuanto más se conozca y se profundice en la lógica de la percepción, mayor será la posibilidad de comprenderla e integrarla en el razonamiento técnico, facilitándose así el diseño de estrategias de comunicación y participación social que permitan superar los actuales conflictos en torno a la utilización de las radiaciones ionizantes.

## INNOVACIONES Y VENTAJAS DEL PROYECTO

Los estudios realizados hasta el momento, de la percepción del riesgo radiológico, analizan estos riesgos a nivel general. No se ha hecho hasta la fecha, ningún estudio centrado en el sector sanitario. Por tanto constituye una innovación en los programas de investigación de la percepción del riesgo radiológico realizar este estudio en un sector concreto: sector sanitario, en el que las radiaciones ionizantes constituyen una herramienta de uso cotidiano.

La toma de decisiones, en ocasiones, se hace sobre la base de riesgos percibidos, teniendo en cuenta consideraciones éticas y sociales. Este hecho puede implicar sobredimensionar las medidas de protección con el consiguiente coste económico. Por tanto, una mayor comprensión de la percepción del riesgo radiológico, permitirá optimizar la toma de decisiones pudiendo disminuirse así los costes económicos.

## EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO

Coordinado por el Dr. Leopoldo Arranz, del Hospital Ramón y Cajal de Madrid, forman parte del equipo técnico:

Prof. Rosario Martínez Arias. Catedrática de Psicología. Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Facultad de Psicología. Universidad Complutense. Madrid.

Juan José Peña. Catedrático Física Médica. Universidad Extremadura. Badajoz.

Ana Prades. Socióloga. Grupo Percepción Social y Comunicación del Riesgo. CIEMAT. Madrid.

Rosario Solá. Responsable del Proyecto Seguridad de Sistemas Complejos de Generación de Energía. CIEMAT. Madrid.

Ana Lena Cebrián. Psicóloga. Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid.

M. Socorro González. Psicóloga. Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid.

M. Teresa Macías. Bióloga. Jefe Servicio Protección Radiológica. Instituto de Investigaciones Biomédicas. CSIC. Madrid.

Los coordinadores de cada país son:

Argentina: Dr. Rodolfo Touzet. Autoridad Regulatoria Nuclear. Buenos Aires.



Brasil: Adelia Sahyun. Físico. Especializada en Ingeniería Nuclear. Directora de ATOMO. Sao Paulo.

Colombia: Sandra Rico. Psicóloga. Especialista en Seguridad y Prevención de riesgos profesionales. Bogotá.

Cuba: Juan Cárdenas. Médico Principal. Centro Protección e Higiene de las Radiaciones. Coordinador del Centro Nacional de Atención Médica para emergencias radiológicas. La Habana.

Ecuador: Dra. Susana Buitrón. Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica. Quito.

El Salvador: Dr. Angel Gabriel Doño Morales. Médico. Autoridad Reguladora U.N.R.A. San Salvador.

México: Maricela Verdejo Silva. Directora Riesgos Radiológicos. Secretaría de Salud. México DF.

Panamá: Dr. Eloy Gibbs. Especialista en Protección Radiológica. Caja de Seguro Social. Panamá.

Perú: Eduardo Medina Gironzini. Ingeniero químico. Especialista en Seguridad Radiológica. Jefe de División de Normas y Autorizaciones. Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Lima.

Uruguay: Diva Elvira Puig. Doctora en Derecho y Ciencias Sociales. Doctora en Diplomacia y Especialista en Derecho Nuclear. Asesora Dirección Nacional de Tecnología Nuclear.

**L. Arranz**

## CURSO DE “CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTRUMENTACIÓN EN MEDICINA NUCLEAR”

Organizado por las Sociedades de Física Médica y Protección Radiológica, se ha celebrado en Madrid, los días 12 y 14 de noviembre, el curso sobre “Control de calidad de la instrumentación en Medicina Nuclear”. El curso estaba dirigido a los distintos profesionales que trabajan en la implantación de programas de control de calidad de la instrumentación en Medicina Nuclear, y tenía como objetivo el presentar las bases teóricas y prácticas de dichos controles, así como propiciar un intercambio de opiniones entre los distintos profesionales implicados en la implantación del Real Decreto 1841/1997 sobre Criterios de Calidad en Medicina Nuclear.

La primera jornada versó sobre los aspectos técnicos de un programa de control de calidad, y su aplicación a SPECT y gammacámaras planares, estando centrada la segunda jornada en la aplicación a activímetros, el tratamiento de la imagen y los aspectos médicos.

Las clases prácticas se impartieron en los Hospitales 12 de Octubre, La Paz y La Princesa, desarrollándose en profundidad el control de calidad de los diferentes parámetros en gammacámaras planares, y solamente el centro de rotación en SPECT, dado el poco tiempo de que se disponía para la realización de las pruebas.

El curso finalizó con la celebración de dos mesas redondas. En la primera de ellas, “Experiencia de cada centro en la puesta en práctica del control de calidad en la instrumentación de un Servicio de Medicina Nuclear”, participaron como ponentes físicos adscritos tanto a Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica, como a Servicios de Medicina Nuclear, quienes pusieron de manifiesto la problemática de puesta en marcha del control de calidad en los distintos hospitales, así como el papel del radiofísico en un Servicio de Medicina Nuclear. Todos los ponentes estuvieron de acuerdo en que el radiofísico debe estar totalmente integrado en el Servicio, ya que su papel

no debe circunscribirse solamente a la mera realización del control de calidad, sino que debe ir más allá, optimizando el tratamiento de las imágenes, y colaborando con el especialista médico en todos aquellos aspectos que lo requieran. En este sentido se puntualizó que en el desarrollo de ciertos campos de la medicina nuclear la colaboración de algunos físicos ha sido fundamental y ése debe ser el camino a seguir. En el debate posterior algunos compañeros manifestaron sus dificultades para implantar los controles de calidad que requiere el Real Decreto 1841/1997, y la necesidad de que la autoridad pertinente haga ver a los titulares la obligatoriedad de tales controles, y los requerimientos que conlleva su realización, tanto de personal como de equipamiento.

En la segunda mesa redonda, que versó sobre "Real Decreto 1841/1997. Problemática de su implantación", participaron como ponentes físicos adscritos a Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica, y médicos especialistas en Medicina Nuclear, entre ellos el Vicepresidente de la Sociedad Española de Medicina Nuclear. En primer lugar los



distintos ponentes expusieron la problemática de la implantación de este Real Decreto tanto desde el punto de vista del radiofísico como del especialista en Medicina Nuclear y, en este sentido, se hizo ver la importancia de que los aspectos relativos al control de calidad queden recogidos en un Real Decreto, y la regulación que hay en este momento relativa a Servicios de Medicina Nuclear. Se hizo hincapié en la necesidad de que el radiofísico no limite sus funciones al control

de calidad, sino que colabore en el tratamiento de la imagen, y tenga una especial implicación en los criterios de aceptabilidad del equipamiento. El Vicepresidente de la Sociedad Española de Medicina Nuclear (SEM N) manifestó que, además de apoyar la visión anteriormente expuesta sobre qué aspectos deben conformar el control de calidad, su Sociedad está elaborando una guía de procedimientos clínicos para incorporarla al programa de control de calidad técnico. Abierto el turno de palabra, se expusieron los criterios de participación en las Comisiones de Calidad, aspectos referentes a la dosimetría en terapia metabólica, y sobre el consentimiento informado. El Vicepresidente de la SEM N indicó la necesidad de

unificar criterios entre los distintos Servicios mediante protocolos únicos, y en ese sentido la SEM N tiene previsto organizar unas Jornadas sobre calidad en Medicina Nuclear.

El éxito del curso ha quedado de manifiesto en las encuestas realizadas entre los alumnos, y desde aquí queremos felicitar a las coordinadoras, por el entusiasmo y esfuerzo que han dedicado para que esta iniciativa haya sido un éxito.



## REUNIÓN DE LAS SOCIEDADES EUROPEAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LUXEMBURGO

**P**or iniciativa de las Sociedades Francesa, Italiana y Española de Protección Radiológica y el patrocinio de la D.G. XI de la Comisión Europea, se celebró el pasado 28 de octubre de 1998 en Luxemburgo la primera reunión de Sociedades de Protección Radiológica de Estados de la Unión Europea. La reunión fue convocada por S. Kaiser de la D.G. XI y asistió como invitado especial el Prof. Duftschmid, presidente de la IRPA. Asistieron todas las Sociedades convocadas a excepción de Grecia e Irlanda.

El motivo de la reunión era el de explorar las posibilidades de colaboración entre todas las Sociedades europeas, en el campo de la protección radiológica, superando los diversos contactos de carácter regional ya existentes. La D.G. XI mostró, desde el primer momento, su interés en apoyar dicha iniciativa.

La representación española, a través de su presidente, tuvo un especial prota-

gonismo por habersele encomendado la presentación, en nombre de todas las Sociedades, de los objetivos, la organización y actividades de una Sociedad de Protección Radiológica. Naturalmente la exposición se hizo tomando como referencia la SEPR y se invitó al resto de representantes a resumir sus propias organizaciones.

Tras un extenso coloquio se acordaron los siguientes puntos:

- Realización de una Conferencia de Sociedades Europeas, en el año 2002, para tratar aspectos relacionados con la transposición a las legislaciones de los diversos estados de la Directiva 96/29.
  - Ofrecer, por las sociedades presentes, sus servicios a la Dirección XI para transmitir a sus asociados informaciones que necesiten canales de distribución amplios.
- La reunión fue histórica en cuanto a su novedad y positiva ya que permitió confirmar el interés general existente por avanzar en las diversas acciones de convergencia entre los profesionales de las diversas áreas geográficas europeas. Es el inicio de un largo recorrido que necesitará muchas iniciativas y perseverancia para alcanzar la consecución de objetivos comunes.
- Finalmente cabe indicar que la candidatura de España para el Congreso IRPA-11 estuvo también presente en la reunión de Luxemburgo.
- Interés general por proseguir, con periodicidad anual, reuniones de coordinación entre las Sociedades Europeas bajo el auspicio de la D.G. XI.
  - Formación de un grupo de trabajo para el estudio de la figura de experto cualificado contemplada en la Directiva de Euratom 96/29. En una segunda etapa dicho grupo trataría el tema de los trabajadores externos.

### PÁGINA WEB DE LA S.E.P.R.: [www.sepr.org](http://www.sepr.org)

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

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

## CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE SEGURIDAD NUCLEAR, SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

**D**urante los pasados días 31 de agosto al 4 de septiembre, tuvo lugar en Viena una conferencia internacional sobre Seguridad Nuclear, Radiológica y de los Residuos Radiactivos, patrocinada por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

La conferencia se centro en tres temas básicos sobre seguridad nuclear, seguridad radiológica y residuos radiactivos con el objetivo de compartir información y experiencias y definir nuevas áreas de trabajo para el futuro que deberían enmarcarse en dos aspectos fundamentales:

- Lograr una mayor simplicidad y transparencia en los aspectos técnicos y en los criterios de aceptación para favorecer la armonización en la industria radiológica y alcanzar una mayor colaboración con otro tipo de industrias y reguladores.
- Mejorar la comunicación con la opinión pública. El público tiene derecho a ser informado sobre las cuestiones de seguridad y a que se le garantice que la industria y los reguladores trabajan sobre bases y criterios transparentes y aceptables. A su vez la opinión pública debe tener la confianza absoluta de que los reguladores constituyen un cuerpo independiente técnicamente competente que vela por sus intereses.

La conferencia trató de forma monográfica seis áreas: seguridad nuclear, protección radiológica operacional, modernización de centrales nucleares, exposición crónica a materiales residuales, almacenamiento a largo plazo de los residuos y estrategias reguladoras. A continuación se resumen los principales puntos de consenso en estas seis áreas.

### Seguridad nuclear

Los momentos actuales de cambio en la gestión de las centrales nucleares no deben comprometer la seguridad de las instalaciones. El sistema de gestión de la seguridad debe ser lo suficientemente fuerte y duradero para, adaptándose al cambio, asegurar el funcionamiento seguro a largo plazo de las instalaciones. Para promover fuertes culturas sostenibles de seguridad y el logro de óptimas condiciones de seguridad nuclear a la vez que se profundiza en el logro de resultados económicos competitivos, las organizaciones nacionales deberán:

- Desarrollar un proceso de inspección más vigoroso para la propiedad, la instalación nuclear y los reguladores en la gestión de la seguridad operacional. Ello implicará el desarrollo de un sistema de vigilancia y la definición de indicadores cualitativos y cuantitativos de funcionamiento que permitan medir

la eficacia del proceso de gestión de la seguridad.

- Desarrollar dentro de la organización servicios con la capacidad de evaluar de la gestión de la seguridad operacional y proporcionar apoyo en las áreas que requieran mejora. OIEA debe seguir fomentando a nivel mundial la mejora continua en la seguridad de las instalaciones nucleares proporcionando a las más altas instancias de dirección de las plantas la capacidad de evaluar y corregir su propio funcionamiento en la gestión de la seguridad.
- Desarrollar y usar herramientas de gestión de seguridad que ayuden a reducir el riesgo y aseguren que las instalaciones permanecen siempre dentro de sus bases de diseño.
- Evaluar la forma de conseguir que la existencia de comunicaciones globales sirva para intercambiar información de seguridad y entrenar y comprometer a la siguiente generación de técnicos especialistas.

### Protección radiológica ocupacional

- Necesidad de desarrollar nuevas recomendaciones cuantitativas en aquellas situaciones que deben estar sometidas a control como son el tra-



bajo con materiales que contienen elevadas cantidades de radionucléidos naturales y la exposición a los rayos cósmicos de las tripulaciones de los aviones. A este respecto se concluyó que existe la necesidad de determinar si estas exposiciones pueden estar sujetas a control y, en caso afirmativo, cuáles son los controles que se deben aplicar.

- El principio de optimización de la protección radiológica se aplica fundamentalmente en la protección ocupacional mediante el empleo de estrategias apropiadas a la gestión de trabajos. Las dosis ocupacionales han estado disminuyendo sin cesar en los últimos años. Sin embargo, debe establecerse un equilibrio entre la protección del trabajador, por ejemplo, reduciendo la frecuencia de ciertas tareas de mantenimiento que suponen altas dosis, y la seguridad nuclear, medida en términos de reducción del riesgo radiológico del público que se deriva de esas tareas de mantenimiento. A este respecto, la comunicación entre la Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica es esencial.
- Es particularmente importante mejorar el desarrollo del principio de optimización de la protección radiológica en las siguientes áreas: minería subterránea con altos niveles de radón, radiografía industrial y radiología intervencionista.
- Aunque la aplicación práctica del principio de optimización es en gene-

ral un problema de gestión, el uso de la dosimetría electrónica en tiempo real, cada vez más extendida, está ayudando a mejorar la situación porque facilita la realimentación y permite que los trabajadores se hagan responsables de su propia exposición. También son herramientas útiles en la práctica de la optimización, el uso de niveles de referencia, en particular niveles de investigación en todas las áreas de exposición personal cuya superación pone en marcha un proceso de revisión y obtención de lecciones aprendidas.

- Se debe profundizar en el desarrollo práctico de algunos aspectos de la nueva normativa de Protección Radiológica como son el uso de las restricciones de dosis, la clasificación y designación de áreas de trabajo y el trabajo con radiaciones de mujeres embarazadas.
- Es preciso armonizar aún más en la aplicación de las magnitudes operacionales para la Protección Radiológica. Se debe revisar si es necesario medir de forma rutinaria a la vez la dosis superficial y la dosis profunda para fuentes externas. Finalmente se deben promover ejercicios internacionales de intercomparación para dosimetría interna y externa para mejorar la calidad de la evaluación y medida de la dosis.
- Se destacó también la necesidad de desarrollar un enfoque sistemático

para la implantación de la normativa a través del entrenamiento y la formación en Protección Radiológica. Se reconoció la necesidad de que los profesionales de la Medicina del Trabajo conozcan en profundidad los aspectos de Protección Radiológica para que puedan asesorar y aconsejar debidamente a los directores y a los trabajadores. También se puso de manifiesto la preocupación por la pérdida de experiencia en seguridad radiológica con el retiro de muchos profesionales que no han sido renovados, lo que de nuevo refuerza la necesidad de profundizar en los aspectos de formación en Protección Radiológica.

- Se analizaron por último las implicaciones de la normativa con los desarrollos de nuevas tecnologías y el continuo avance en el conocimiento de las ciencias que sustentan los principios de protección. Se consideró conveniente formar un grupo de expertos internacionales que estudién el tema con amplios puntos de mira para que, por ejemplo, se tengan en cuenta las implicaciones que en la exposición ocupacional pueden tener las políticas de seguridad y protección del público.

#### **Modernización de centrales nucleares**

- Para mantener un alto nivel de seguridad y fiabilidad a lo largo de

toda su vida, las centrales nucleares deben poner en práctica un programa de *backfitting*, mejora y modernización que resuelva problemas específicos de ingeniería relacionados con la seguridad y fiabilidad. OIEA debe desarrollar criterios cualitativos y principios generales para los análisis coste-beneficio que se apliquen en la evaluación de las potenciales mejoras de seguridad.

- Las centrales nucleares con deficiencias en seguridad deberán poner en práctica de forma inmediata programas de *backfitting* para llevar el nivel de seguridad de sus plantas a un nivel aceptable. Para facilitar este trabajo se deberán desarrollar programas de asistencia internacional.
- Para evitar la degradación con la edad de sistemas, estructuras y componentes importantes para la seguridad, las centrales nucleares deberán poner en práctica programas que compensen esta degradación. A su vez los operadores deberán estar al día de las nuevas tecnologías de I & C basadas en el uso creciente de los ordenadores, pues estas tecnologías son las que están resolviendo los problemas de obsolescencia de los sistemas actuales de I & C.

### Exposición crónica a materiales residuales

- En la actualidad no existe normativa internacional sobre los funda-

mentos radiológicos a aplicar para la recuperación de áreas contaminadas. OIEA debe por tanto atender esta ausencia trabajando en este área para lograr un consenso internacional sobre los principios fundamentales y criterios básicos a aplicar en este tema. En particular OIEA deberá empezar por resolver los problemas de interpretación que categorizan las situaciones como prácticas o intervenciones, explorando la posibilidad de complementar el sistema actual de Protección Radiológica.

- Al igual que se ha hecho con los productos alimenticios en el mercado internacional, se deberán establecer niveles genéricos de no actuación para ciertos productos de consumo afectados por la presencia de materiales radiactivos residuales como por ejemplo objetos fabricados con madera.

### Almacenamiento a largo plazo de los residuos radiactivos

- A la vista de la actitud de cada vez un mayor grupo de gente que cuestiona el punto de vista de los expertos de que los residuos radiactivos deben enterrarse para siempre en formaciones geológicas profundas, OIEA deberá propiciar la formación de grupos internacionales independientes que estudien vías alternativas como puede ser el almacena-

miento superficial a largo plazo con capacidad de recuperación.

- Existen incertidumbres asociadas a la evaluación a las dosis futuras y al riesgo a las personas como consecuencia de las opciones de gestión final de los residuos radiactivos, por lo que se deberá prestar más atención para el desarrollo de indicadores adicionales y alternativos de seguridad que no dependan de la presencia del hombre.
- En el pasado, el énfasis se ha puesto en el establecimiento de los criterios de seguridad para los repositorios del futuro, pero comparativamente poco se ha elaborado para el cumplimiento de dichos criterios. Se debe desarrollar, por tanto, normativa sobre el tipo de garantía de seguridad que deberá ser requerida por los organismos reguladores para licenciar repositorios.
- Existen en las tecnologías de gestión de residuos no radiactivos, lecciones que aprender por la industria de los residuos radiactivos e ideas que compartir entre ambas.

### Estrategias reguladoras

- La mayoría de los estados han hecho uso importante de los APS (Análisis Probabilísticos de Seguridad) no sólo en seguridad nuclear, sino también en seguridad radiológica y en seguridad de los residuos.



Es momento ahora de recopilar toda la información generada, revisar la experiencia de la utilización de los APS y determinar cuáles son las áreas de mayor beneficio en su aplicación futura y qué nuevos esfuerzos son necesarios poner en práctica.

- OIEA debe desarrollar y publicar, tan rápidamente como sea posible, sus recomendaciones sobre el alcance de los requisitos reguladores sobre seguridad radiológica incluyendo la aplicación reguladora de los conceptos de exclusión y

exención y desclasificación y otros mecanismos que sean de aplicación para liberar del control regulador a materiales radiactivos de baja actividad.

**E. Sollet**

## 24 REUNION ANUAL DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

**D**urante los pasados días 14 al 18 de octubre, tuvo lugar en Valladolid la 24 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. Esta reunión, al igual que en anteriores ocasiones, se estructuró en cinco sesiones paralelas de mañana y tarde y en varias plenarias.

La conferencia inaugural corrió a cargo de D. Angel Sancho Campos, Director del Secretariado de la Comisión Episcopal para el Patrimonio Cultural que disertó sobre el *Proyecto cultural de las edades del hombre en Castilla y León*.

Las sesiones plenarias, que contaron con la presencia de destacados profesionales nacionales y extranjeros, cubrieron en profundidad los siguientes temas monográficos: Retos y Perspectivas del Sector Eléctrico y Energía Nuclear y Opinión Pública.

Hubo además tres sesiones especiales que se dedicaron a La Fusión Nuclear, Estado y Perspectiva, a dar una Visión Integrada de Ámbito Mundial sobre Temas Clave para la Energías Nuclear y a



glosar sobre el Programa Conjunto de Investigación y Desarrollo del Consejo de Seguridad Nuclear- Sector Eléctrico.

Las 28 sesiones ordinarias trataron los siguientes aspectos de la industria nuclear y su entorno: ingeniería, centrales avanzadas, calidad, experiencias operativas, aspectos medioambientales, residuos radiactivos, combustible, seguridad, gestión de vida, mantenimiento, medicina, aspectos jurídicos y sociológicos, formación, fusión, gestión y protección radiológica.

Dos sesiones se dedicaron íntegramente a Protección Radiológica, con un total de 18 ponencias, cuyos autores expusieron con gran calidad trabajos o experiencias relacionadas con los siguientes temas:

- Modelos de predicción para la exposición de trabajadores a aerosoles radiactivos.
- El informe BEIR VI: Efectos a la salud por exposición a Radón en el interior de las viviendas.
- Experiencias en el desvestido de trabajadores durante la descontaminación de celdas calientes con altos niveles de contaminación.
- Sistemas móviles para la medida de tasa de dosis con localización por GPS.
- Espectrómetros gamma de alta resolución con supresión Compton.



- Medida de actínidos en sedimentos lacustres por espectrometría alfa.
- Resolución analítica de modelos biocinéticos de incorporación de radionucléidos con recirculación.
- Determinación de Sr-90 en suelos mediante extracción cromatográfica.
- Formas y geometrías de detectores de germanio de alta pureza HpGe.
- Futuro reglamento de protección radiológica. Visión de las centrales nucleares.
- Incertidumbres de medida en los monitores de vigilancia radiológica de procesos.
- Experiencia relativa al impacto radiológico en la revisión periódica de seguridad de la central nuclear José Cabrera.
- Dosis por tareas en reactores de agua ligera en España en el periodo 1990-1996.
- Guías UNESA de aplicación de la normativa derivada del Real Decreto de protección operacional de trabajadores externos.
- Resultados de un ejercicio de intercomparación entre 28 laboratorios españoles de medida de radiactividad ambiental, aplicando el protocolo ISO/IUPAC/AOAC.
- Validación de un sistema de espectrometría gamma *in situ* y su comparación con medidas en laboratorio.
- Situación actual y perspectivas futuras de la separación y transmutación de radionucléidos de vida larga.
- Formación en soporte multimedia de los trabajadores profesionalmente expuestos.

Tras cada ponencia se estableció un animado coloquio que en todos los casos el presidente tuvo que abreviar en aras a no alargar la duración de las sesiones.

E. Sollet

## UN NUEVO ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO NO ENCUENTRA ASOCIACIÓN ENTRE LA LEUCEMIA Y EL CENTRO DE REPROCESAMIENTO DE LA HAGUE

Un nuevo estudio epidemiológico encargado por el gobierno francés no encuentra evidencia de "ningún incremento significativo" en la tasa de incidencia de leucemia entre la población de los alrededores de la planta de reprocesamiento de combustible nuclear de La Hague.

El informe del Profesor Albert Spira, del Centro Nacional de Investigación Médica INSEFM, confirma los hallazgos de un informe similar publicado el pasado año y contradice los resultados de un estudio

previo del epidemiólogo Jean-François Viel que sugería que los jóvenes que viven cerca de La Hague tenían un riesgo mayor de contraer leucemia que los de otras regiones.

El Ministro de Medio Ambiente y Secretario de Estado para la Salud encargó en agosto de 1997 al Profesor Spira este estudio epidemiológico. El informe ha sido remitido a los miembros del actual gobierno así como un informe previo encargado a la vez que estudiaba sobre los aspectos radiológicos asociados.

Una declaración de los dos departamentos gubernamentales indica que el estudio del Profesor Spira "no encuentra evidencia de ningún incremento significativo en la tasa de leucemia en el periodo 1978-1997 ni en Beaumont-La Hague - la zona inmediatamente más cercana a La Hague - ni en la región Nord Cotentin en su totalidad.

La declaración añade que todos los casos futuros de leucemia y de cáncer en la zona serán sistemáticamente estudiados y registrados en un registro médico oficial. El Profesor Spira ha recomendado a su vez que se



lleven a cabo más estudios epidemiológicos regionales para "clarificar o completar" los datos existentes.

A nivel nacional el Profesor Spira ha realizado tres propuestas: reforzar el sistema nacional de vigilancia y protección radiológica, y que mantenga su asociación íntima con el sistema actual de implicaciones a la salud de la exposición a la radiación; implantar un sistema nacional de "vigilancia epidemiológica" y establecer un sistema nacional de vigilancia sociológica para mejorar el conocimiento y percepción públicas sobre la naturaleza de los riesgos de las radiaciones.

Un artículo de *Le Monde* del pasado 8 de octubre pasado sobre este estudio,

indica que el informe del Profesor Spira representa una clara contradicción con el estudio del profesor Veil a la vez que "parece confirmar que el número de casos de leucemia observados por el Profesor Veil pueden ser debidos a la casualidad o a otras causas - por ejemplo, infecciones víricas, contaminación química o susceptibilidad general - diferentes de las que él llamo enfermedades de inducción radiológica.

El segundo estudio, un informe previo de los aspectos radiológicos, fue remitido por Annie Sugier, del IPSN. El principal objetivo de esta investigación es evaluar el impacto radiológico exacto y su importancia para la salud pública y ambiental de las

instalaciones nucleares de la región, en particular de La Hague. El informe explica la metodología y los objetivos del trabajo, sin presentar todavía ninguna conclusión final.

Ambos informes han sido hechos públicos y se espera que constituyan una evidencia clave en una próxima encuesta pública sobre cambios reguladores con respecto a la operación y niveles permitidos de liberación de actividad de La Hague.

**E. Sollet**

*Fuente: Agencia Mundial de Noticias Nucleares - Nucnet 9 de Octubre de 1998/ No. 371 / 98 / A*

## SEMINARIO SOBRE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD NUCLEAR, PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y RESIDUOS RADIATIVOS. HACIA EL V PROGRAMA MARCO DEL EURATOM



Los Programas Marco de la Comisión Europea para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico constituyen uno de los medios más eficaces con los que desarrollar el conocimiento científico y tecnológico en Europa satisfaciendo las necesidades de la industria, fomentando la cooperación entre instituciones y empresas y mejorando la coordinación y explotación de los esfuerzos y resultados que, en investigación, realizan cada uno de los países miembros de la Unión Europea.

La participación de España en el próximo V Programa Marco del EURATOM (1998-2002) debe cubrir una serie de debilidades puestas de manifiesto en su participación en el IV Programa Marco, y hacer un uso más extensivo de las enormes posibilidades que se presentan para el próximo programa basado en estimular la competitividad en la industria europea, mejorar la calidad de vida en Europa y promover el uso social de las nuevas tecnologías.

En este contexto, el pasado 17 de noviembre se celebró en Madrid el Seminario sobre el V Programa Marco de EURATOM, organizado por el Consejo de Seguridad Nuclear, el Ministerio de Industria y Energía y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, con el objetivo de promover un foro de información sobre este Programa e intercambio de experiencias, con la mayor participación posible de empresas e instituciones españolas.

Este seminario ha tratado de dar a conocer los temas, fondos y mecanismos de participación en el próximo V Programa Marco de la Comisión Europea. En particular, se ha destacado la necesidad de planear la participación con antelación, cómo buscar y encontrar socios antes de que aparezcan los llamamientos oficiales de participación y cómo preparar las propuestas de participación. En este sentido, se ha contado con la colaboración de organismos españoles que han demostrado éxitos en Programas Marco anteriores, así como con representantes de la Comisión Europea que han proporcionado los últimos datos sobre los contenidos, mecanismos y necesidades prioritarias para la Unión Europea.

Como objetivos derivados alcanzados en el seminario cabe mencionar los siguientes:

- Que todas las organizaciones nacionales potencialmente interesadas en participar en el V Programa Marco (PM) de Euratom obtengan un conocimiento detallado de:
  - Las áreas de investigación que, en los temas de seguridad nuclear, protección radiológica y residuos, se prevé financie el V Programa Marco.
  - Los criterios de evaluación que se van a utilizar en la selección de las propuestas.
  - La experiencia de organizaciones que han tenido éxito en el IV PM y las claves de dicho éxito.
  - Los medios disponibles actualmente (Internet, CD ROMs, revis-

tas, etc.) que facilitan información sobre el V PM, sus convocatorias, sus avances, potenciales participantes, etc.

- Los posibles contactos para obtener soporte, aclaraciones, formularios, etc.
- La existencia de otros Planes de Investigación (Plan Nacional, Plan del CSN, etc.) que pueden ofrecer financiación complementaria.
- Que la Comisión Europea conozca las actividades e intereses de España en cuanto a investigación en seguridad nuclear, protección radiológica y residuos.

El interesante programa del seminario, que estuvo dividido en dos partes, se resume en contenidos y ponentes como sigue:

- Claves del éxito y experiencias del IV Programa Marco, sesión moderada por D. Francisco Javier Arana, Subdirector General de Energía Nuclear y Calidad Industrial del MINER:
  - Lecciones aprendidas del IV Programa Marco (D. José Gutiérrez y D. Fernando Garcés, del CIEMAT).
  - Recursos y medios necesarios (Dña. M.ª Teresa Aguado, de TECNATOM).
  - Claves del éxito del IV Programa Marco (D. Julio Astudillo, de ENRESA).
  - La perspectiva industrial (D. Ricardo Salve, de DNT).

- Perspectivas de V Programa Marco, sesión moderada por D. Antonio Gea, Director Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear:
  - Intereses y perspectivas españolas (D. Francisco Javier Arana, del MINER).
  - Perspectivas del V Programa Marco (D. Hans Forsström, de la DG XII de la CE).
  - El papel de los Estados miembros en el V Programa Marco (D. José Elorrieta, de Presidencia del Gobierno).

El seminario fue abierto por el Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, D. Juan Manuel Kindelán, y clausurado por D. Antonio Gomis, Director General de la Energía del MINER.

A modo de introducción del seminario, D. Agustín Alonso, Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear, destacó los principios fundamentales que deben gobernar los proyectos de investigación de los Programas Marco de EURATOM, a saber:

- Multinacionalidad de las propuestas.
- Coherencia con los intereses de los participantes.
- Utilitarismo del proyecto con la realidad industrial del momento.
- Retorno económico al país investigador por el proyecto realizado.
- Efecto multiplicativo de la inversión realizada en el proyecto de investigación.



- Capacidad científica o técnica de las propuestas y proponentes.
- Competitividad con las propuestas de otros proyectos.

La asistencia ha girado en torno a las 150 personas representativas de universidades, industrias, sector eléctrico, empresas de ingeniería, centros de investigación, laboratorios, hospitales e instituciones públicas.

El coloquio ha sido protagonizado básicamente por las universidades con preguntas dirigidas a los representantes de la DGXII.

Este seminario ha cumplido los objetivos previstos al haber facilitado una difusión amplia y precisa sobre el V Programa Marco. Próximamente el CSN hará una publicación que contendrá las

ponencias presentadas, transparencias, discursos, etc. Los interesados en obtener en esta publicación del Consejo de Seguridad Nuclear pueden dirigirse a Dña. Concepción Muro, del Departamento de Publicaciones del CSN a partir del próximo mes de enero.

**E. Sollet**

## ÉXITO DE LA 12 CONFERENCIA INTERNACIONAL DE DOSIMETRÍA DE ESTADO SÓLIDO

**E**l grupo de Dosimetría de Radiaciones del CIEMAT organizó en Burgos entre el 5 y el 10 del pasado mes de julio la 12 Conferencia Internacional de Dosimetría de Estado Sólido, en el centro de Exposiciones y Congresos de la Casa del Corcón en Burgos.

La Conferencia tuvo una participación en términos de asistentes y de trabajos presentados bastante mayor a lo inicialmente previsto, superando a cualquiera de las conferencias anteriores sobre el mismo tema. Mas de trescientos participantes, de cuarenta países, con alrededor de doscientos ochenta trabajos presentados, habiéndose considerado a la conferencia por parte de algunos asistentes cualificados como un éxito científico y organizativo.



La conferencia se planificó incluyendo quince sesiones científicas, especializadas en cada uno de los tópicos tratados en el congreso, que tuvieron lugar de lunes a viernes más una exposición permanente de comunicaciones presentadas en forma de "póster". Cada sesión científica, también las dos dedicadas a la visita y discusión de los "pósters", comenzó con una conferencia invitada y fueron presididas y coordinadas por dos

científicos relevantes del tópico a desarrollar (el Prof. Xavier Ortega, Presidente de la SEPR, una de ellas). La sesión inaugural estuvo presidida por el Prof. Agustín Alonso, Consejero del CSN junto al Prof. Félix Ynduráin, Director General del CIEMAT, el Prof. Gunther Dietze Chairman de EURADOS y Director de la División de Radiaciones Ionizantes del PTB (Alemania), el Prof. Yigal S. Horowitz, Chairman de la ISSDO y Director del Departamento de Física de la Universidad Ben-Gurion (Israel) y el Dr. Antonio Delgado, Presidente de la Conferencia. El Prof. Dietze impartió la conferencia inaugural: "Radiation Dosimetry: Actual Status and Future Trends".

Se celebraron tres sesiones dedicadas a Fundamentos Básicos, con ponencias

invitadas a cargo de los Profs. Peter Townsend (Sussex Univ., UK), Yigal Horowitz (Ben Gurion Univ., Israel) y Francesco d'Errico (Yale Univ., USA). Dos sesiones se dedicaron a Materiales, con los conferenciantes: Prof. Steve McKeever (Oklahoma State Univ., USA) y Prof. Augusto Scacco (Univ. de Roma, Italia). Tres sesiones se dedicaron a comunicaciones sobre asuntos de Dosimetría Personal, con conferencias a cargo del Dr. Han Julius (TNO, Holanda), el Dr. Wolfgang Alberts (PTB, Alemania) y el Prof. Marko Moscovitch (Georgetown Univ., USA). Una sesión tuvo los tópicos Instrumentación: Dr. Lars Botter-Jensen (Riso NL, Dinamarca); Dosimetría Clínica: Dr. Tomas Kron (Newcastle Hospital, Australia); Dosimetría Medioambiental: Dr. Gladys Klemic (EML Dept. of Energy, USA); Datación y Dosimetría Retrospectiva: Prof. Ian Bailiff (Durham Univ., UK). Hubo también una sesión dedicada a Temas Misceláneos, cuyo invitado, el Prof. Marko Zaidler (Columbia Univ., USA) en una interesantísima ponencia disertó sobre las posibilidades de desarrollar micro y nano dosímetros de estado sólido. Las conferencias invitadas de las sesiones de "pósters" fueron impartidas por Jose Carlos Sáez-Vergara del CIE-MAT y por Michael Waligorski del María Slovodska Hospital de Cracovia, Polonia.

El muy denso programa científico (las sesiones comenzaban a las ocho de la mañana y finalizaban pasadas las seis y media de la tarde) se complementó con un programa de actos lúdicos y sociales. Entre tales actos pueden destacarse la excursión efectuada el miércoles día 8

por la tarde al Monasterio de Santo Domingo de Silos y a Covarrubias, con cena común es esta última localidad y también el banquete de clausura de la conferencia que fue precedido por un concierto de música medieval que tuvo lugar en el magnífico entorno de la Iglesia de San Nicolás.

La conferencia se clausuró el viernes día 10 de Julio a la hora del almuerzo. En paralelo con las actividades propias de la Conferencia tuvieron lugar diversas reuniones relativas a proyectos de investigación internacionales así como de diversos comités entre los que destacan el de la *International Solid State Dosimetry Organisation* (ISSDO) que renovó su junta directiva en Burgos y la reunión del Comité Científico Editorial de la revista *Radiation Protection Dosimetry*.

Actualmente están en fase avanzada los trabajos para la publicación de las Actas de la Conferencia recogiendo los trabajos completos de las comunicaciones presentadas en Burgos. La publicación final de un trabajo supone pasar un proceso adicional de revisión científica de los artículos según las normas de *Radiation Protection Dosimetry*, revista en la que se publicarán tales Actas. Lo serán en dos volúmenes especiales con un total aproximado de mil páginas. Antonio Delgado y José María Gómez-Ros serán sus Editores. En el proceso de revisión de los trabajos además están participando seis Editores Asociados y más de setenta evaluadores internacionales. Se espera que las Actas estén publicadas antes del próximo julio de 1999.

En la conferencia ha quedado patente el esfuerzo investigador tan vigoroso que se está haciendo en casi todos los campos, con resultados notables en algunos de ellos. Aún a riesgo de omitir alguna comunicación relevante, en opinión de quién esto escribe lo más destacable fue en el sector de los fundamentos básicos, las nuevas y ya convincentes evidencias experimentales acerca del carácter localizado de los procesos TL con centros de atrapamiento y de recombinación o bien perteneciendo al mismo defecto cristalino, de naturaleza extendida no puntual, o bien en fuerte correlación espacial. Los modelitos que aparecen en las monografías sobre el asunto con trampas y centros luminiscentes diferenciados y con electrones yendo y viniendo de la banda de valencia a la de conducción parecen tener solamente valor didáctico pero no se corresponden en absoluto con los procesos físicos reales en los materiales TL. También es de destacar el grado de desarrollo alcanzado por la nueva técnica de OSL, luminiscencia inducida ópticamente, que ya es una herramienta válida, alternativa y quizás con ventaja sobre la termoluminiscencia. Tiene aplicaciones en dosimetría ambiental, retrospectiva y también en dosimetría personal, hasta el punto de que uno de los operadores mundiales de mayor entidad, Landauer, ha empezado justo durante la misma conferencia de Burgos a ofrecer sus servicios con OSL. Atención a la OSL pues. La posibilidad de desarrollar dispositivos de estado sólido para su aplicación a la micro y nano dosimetría ya ha sido comentada, y puede haber sido la comunicación más innovadora de la conferen-



cia. Las dificultades prácticas son formidables en cualquier caso. Habrá que esperar a la 13 Conferencia (Haifa, Israel, 2001) para ver como evoluciona el tema.

En materiales se han presentado algunos nuevos materiales TL y OSL con sensibilidades muy altas, incluso claramente superiores al ya famoso LiF:Mg,Cu,P que fue la sensación de las pasadas conferencias. Si a este último y a otros similares se les denomina materiales hipersensibles habrá que referirse a los nuevos como ultrasensibles. En algunas aplicaciones como la dosimetría retrospectiva se presentaron avances

considerables respecto de la fiabilidad con la que se pueden medir dosis absorbidas (mGy) muy inferiores a los umbrales convencionalmente aceptados hasta el presente (Gy), empleando para ello materiales naturales (minerales) como dosímetros. Ni que decir tiene que esto es de muy alto interés para estudios epidemiológicos en regiones afectadas por accidentes radiológicos. Se han presentado también numerosas comunicaciones acerca del empleo de dosímetros electrónicos con detectores de semiconductor para la dosimetría clínica tanto en radioterapia como en radiodiagnóstico. En instrumentación se han presentado nue-

vos prototipos de lectores TL, a destacar los que se han empezado a emplear con éxito en las diferentes estaciones espaciales rusas y americanas para la dosimetría de la radiación cósmica. Y tantas otras innovaciones que merecerían también ser destacadas pero que harían muy largo este informe. En definitiva las Actas de la 12 SSDC o Conferencia de Burgos prometen ser de lo más interesante (en el mundo de la dosimetría de radiaciones, claro) y quienes no hayan podido estar en Burgos quizás deberían pensar en pedirselas a los Reyes Magos.

**A. Delgado**

## I CURSO DE DOSIMETRÍA INTERNA

**D**el 5 al 9 de octubre se ha celebrado en el Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT, el "Curso de Dosimetría Interna", que ha sido coordinado y financiado conjuntamente por el CSN y el CIEMAT.

Este curso, que es la primera vez que se organiza en España, surgió ante el interés mostrado por profesionales de la Protección Radiológica con responsabilidades en el campo de la Dosimetría Interna.

Al curso asistieron un total de 16 Técnicos pertenecientes a las entidades: Consejo de Seguridad Nuclear y Centrales Nucleares Españolas y como profesores participaron expertos procedentes del

CSN, CIEMAT, UNESA, IBERDROLA e IBERINCO.

El objetivo del curso ha sido realizar una puesta al día sobre los conocimientos fundamentales, hallazgos y publicaciones científicas más recientes en el campo de la Dosimetría Interna, así como proporcionar formación y entrenamiento en el uso de metodologías de evaluación de dosis debidas a contaminación interna.

El programa del curso se componía de lecciones teóricas y sesiones prácticas en las que se utilizaron los sistemas de detección más actuales en medidas "in vivo" e "in vitro" de la contaminación interna y se abordaron las metodologías aplicadas por los organismos internacionales.

Las sesiones teóricas estuvieron orientadas a poner en perspectiva técnicas de medida, a describir procesos de evaluación con el nuevo modelo pulmonar (ICRP-66) de forma integrada y a estudiar en profundidad cada uno de los elementos que componen una evaluación dosimétrica interna.

El contenido del curso se distribuyó en los siguientes módulos:

- Conceptos básicos en Dosimetría interna.
- Técnicas de medida en Dosimetría Interna: "In vivo" e "in vitro".
- Diseño de Programas de Vigilancia para trabajadores con riesgo de contaminación interna.
- Desarrollo de modelos metabólicos según ICRP-30: modelo pulmonar y sistémicos.

- Desarrollo del nuevo modelo pulmonar: ICRP-66.
- Estimaciones de Incorporaciones y Evaluaciones Dosimétricas de casos prácticos según la normativa actual (ICRP 30/54) y la nueva normativa (ICRP-66/78).
- Demostración de LUDEP. Ejercicios.
- Tratamiento médico en casos de contaminación interna.
- Marco legal en Dosimetría Interna: Directiva Europea.

Al finalizar el curso se mantuvieron discusiones abiertas, con el formato de mesas redondas sobre aspectos muy específicos de la Dosimetría Interna tales como: Aspectos legislativos; Intercomparaciones Internacionales y futura Intercomparación Nacional en métodos de medida con CRC; Intercomparaciones internacionales en evaluaciones dosimétricas; Intercambio de opiniones sobre los distintos avances dosimétricos y aplicación de la nueva Directiva Europea.

Los participantes mostraron su preocupación ante el hecho de que cada vez más la dosimetría interna se está convirtiendo en una disciplina de expertos muy especializados, muy escasos en comparación con el número de usuarios de dosimetría interna.

**Teresa Navarro**

## LESIONES PRODUCIDAS EN LA PIEL POR RADIACIONES IONIZANTES. PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO

**A** finales de 1963 en una experiencia de radiobiología se descubrió que el gasterópodo *Crymtoptahalus aspersa*, bajo la acción de las radiaciones ionizantes, segregaba una sustancia distinta de las habituales, que le servía para reparar sus lesiones, protegiéndole también frente a las quemaduras térmicas. Sin embargo la nueva sustancia se desnaturalizaba con facilidad por las radiaciones. Durante años, estudiando la anatomofisiología del gasterópodo y otras especies, se consiguió un procedimiento con el que se obtenían los mismos resultados. La acción básica es que el animal guarda en su cerebro ganglionar la acción provocada por la Naturaleza sufrida hace millones de años, la cuál le impidió su progresión evolutiva. Bajo la acción de este estímulo,

rememora y entra en "alarma biológica" segregando unos protoradicales en los que hay varios aminoácidos, que provocan una rápida regeneración de los tejidos lesionados. La "alarma biológica" nada tiene que ver con las proteínas de shock.

Por esto, se pensó en cómo traspasar esta acción regenerativa al ser humano. Para ello fueron necesarios muchos años, hasta encontrar un método de conservación del principio activo nativo, una tipificación, una estandarización y un excipiente (semejante a la sustancia matriz) que fuera un transportador (penetración en la epidermis y en la dermis, hasta el tejido subcutáneo)

Las primeras experiencias animales

demonstraron su total eficacia, pasando posteriormente a ser empleados en seres humanos (radiodermatitis). Se empleó con eficacia en los enfermos quemados (radiaciones ionizantes y calor) del accidente de Chernobyl. Estos notaron inmediato alivio y algunos se curaron aunque la mayoría fallecieron de alteraciones hematológicas por la irradiación global del organismo. Conocedor el Gobierno USA de este efecto, el autor fue invitado a una Agencia del Pentágono (Defensa Química) para exponer su investigación.

A partir de ese momento, y bajo sugerencia USA, se inició una patente de medicamento en Washington. El punto más discutido fue la aseveración del autor de que el principio activo no tenía toxicidad tóxica.



Debido a ello, fue necesario repetir unas investigaciones complementarias además de otras nuevas. En suma, empleado el principio activo por vía intraperitoneal, endovenosa y respiratoria, los estudios anatomopatológicos y bioquímicos demostraron la ausencia de toxicidad. Los trabajos personales y los realizados por distintos centros y universidades españolas fueron controlados a su vez por centros americanos. Se realizaron experimentos acerca de los efectos sobre el S.N. central en fetos y neonatos y otros sobre posibles alteraciones bioquímicas (colesterol, triglicéridos, etc), resultando no sólo negativas sino favorables, ya que en estos últimos provocan su disminución.

El principio activo produce la formación de sustancia colágena madura, el crecimiento de fibroblastos, la proliferación de linfocitos T, además de otros. Clínicamente uno de los primeros efectos es la supresión del dolor en un tiempo inferior a 30 minutos (la crema no lleva ningún anestésico). Las lesiones con eritema (enrojecimiento), prurito intenso (picor) y dolor no se infectan, no habiendo necesidad de administrar antibióticos y lesiones de cierta amplitud tan sólo en 15-20 días han desaparecido. La piel neoformada es completamente normal (no cicatrices, no queloides), sin haber necesitado analgésicos, antibióticos, ni cura oclusiva. El efecto más favorecedor es que el enfermo duerme sin necesidad de calmantes.

Esta investigación se comenzó a finales de 1963 y ha necesitado siete años hasta obtener la patente USA y varias patentes europeas, todas individuales y personales en 1997.

En estos momentos está a la venta en Farmacias (Endocare), se receta por dermatólogos y se emplea fundamentalmente para evitar la acción perjudicial de las radiaciones ultravioleta sobre la piel (*photoaging*), que en muchos casos terminan en cáncer. También en la prevención y tratamiento de las radiodermatitis.

Para cualquier consulta:

Fax: 91-725 55 93.

**Dr. R. Abad Iglesias**

## BREVE RESEÑA DEL IV CONGRESO REGIONAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR, CONGRESO REGIONAL IRPA Y I CONGRESO IBEROAMERICANO DE SOCIEDADES CIENTÍFICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**E**n una tormentosa tarde del 23 de octubre cerró sus puertas el IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, el cual sesionó como Congreso Regional IRPA y al mismo tiempo sirvió de marco para la celebración del I Congreso Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica. Este evento, que fue organizado conjuntamente por las instituciones cubanas Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN) y Centro de Información de la Energía

(CIEN), contó con el coauspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a través de su programa ARCAL, la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS). AL mismo tiempo las actividades del congreso contaron con el importante apoyo brindado por el Grupo Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica (GRIAPRA) a través del proyecto que en apoyo a esta organización financia la Junta de Gobierno de la Comunidad Autónoma de Extremadura, España.

En los marcos del Congreso se celebraron adicionalmente las siguientes actividades:

- Reunión de autoridades del proyecto modelo del OIEA para países de América Latina;
- Reunión de coordinadores del proyecto ARCAL XX;
- Taller sobre aspectos regulatorios de la protección radiológica del paciente;
- Curso superior de protección radiológica del paciente hospitalario;
- Reunión de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FERALCA);



– Reunión del Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica (GRIAPRA);

– Reunión del grupo de trabajo de dosimetría biológica del GRIAPRA;

– Reunión del grupo de trabajo sobre percepción del riesgo del GRIAPRA;

– Taller sobre intercomparación regional de dosímetros personales organizada por el OIEA.

El congreso contó con la participación de 327 especialistas de 22 países, de ellos 42 españoles que fue la representación más numerosa después de la cubana. Del total de trabajos enviados se presentaron en las diferentes sesiones del Congreso 197, en las modalidades de minixposición y cartel. Como parte del programa del evento se impartieron 9 conferencias magistrales, 4 ponencias invitadas y 2 mesas redondas.

Respecto a la contribución de la SEPR cabe resaltar la activa presencia de sus miembros en las sesiones científicas y el importante papel jugado en las diferentes ponencias, comunicaciones y mesas redondas contenidas en el programa del Congreso.

Durante el desarrollo del Congreso, los principales aspectos debatidos en las sesiones fueron:

- La Protección Radiológica Ocupacional, en la Práctica Médica y al Público donde se destacó el interés en las exposiciones potenciales, la implementación de los Análisis de Riesgo en las diversas prácticas y la

tendencia a incrementar la divulgación de la información más relevante a través de las Sociedades de Protección Radiológica. La problemática en radiodiagnóstico de la aplicación de los niveles orientativos de dosis en exploraciones diagnósticas comunes y en medicina nuclear, establecer criterios para el alta de pacientes con tratamiento, así como el cálculo de dosis a los trabajadores.

- Identificar en cada país las necesidades mínimas para la organización de una red de vigilancia ambiental.
- Con relación al tema de Dosimetría el aspecto más relevante fue el establecimiento de ejercicios de intercomparaciones internacionales con fines acreditativos y la incorporación de métodos de diagnóstico alternativos para altas dosis de radiación en el caso de radiodiagnóstico, y continuar con el desarrollo de módulos para contaminación interna y estimación de dosis a órganos.
- En el área de Análisis y evaluación de la Seguridad en las instalaciones nucleares, la continuidad del trabajo en las nuevas técnicas, es la garantía de obtener un alto nivel de confianza en la no ocurrencia de sucesos no deseados. Elevado interés en los estudios de códigos de simulación, APS, análisis de accidentes y experiencias operativas.
- Con relación al Transporte de Material Radiactivo y la Gestión de Residuos se destacó el trabajo en los países de la región para la implan-

tación de las BSS, y la elaboración de documentos normativos sobre las diferentes prácticas, en especial en el caso de las exposiciones médicas.

- En el tema de Capacitación, la evaluación del Factor Humano constató la necesidad de aumentar el nivel de preparación de los especialistas en el área de física médica y protección radiológica. La solución a este problema debería buscarse con la ayuda de las organizaciones internacionales y la armonía entre el sistema educacional, la responsabilidad del titular de la instalación y el organismo regulador.
- Por último, con respecto a la Exposición a la Radiación Natural y las Radiaciones No Ionizantes, el tema de más interés se basó en la necesidad de medir niveles cada vez más bajos de radiactividad natural coincidiendo en que las vías de información al público sobre estos resultados son aún insuficientes. El cálculo de las dosis al público por su exposición al Radón.

La próxima edición de estos congresos regionales se celebrará en Recife, bella capital del estado de Pernambuco, Brasil, en el año 2001. Desde ya estamos por esta vía haciendo votos por el éxito de esta futura reunión y reiterando nuestra disposición a contribuir a ello en todo lo que sea necesario.

**Juan Tomás Zerquera**



## Noticias de ICRP

# MEMORÁNDUM DE ROGER H. CLARKE, CHAIRMAN DEL ICRP DEL 25 DE NOVIEMBRE DE 1998

### INTRODUCCIÓN

1. La Comisión Internacional de Protección Radiológica se creó en 1928 como el Comité Internacional para la Protección contra el Radio y los Rayos X, y adoptó el nombre actual en 1950 para reflejar su mayor presencia en otras áreas distintas de la medicina de donde nació. La Comisión principal se reunió en Estocolmo en 1988 con ocasión de su 70 aniversario. Este informe presente una panorámica del trabajo actual, resume recientes informes aprobados por la Comisión y concluye con los asuntos que la Comisión principal está considerando.

### NUEVAS PUBLICACIONES

2. La Comisión ha aprobado la publicación de 4 informes en los *Anales del ICRP*. El primero de ellos, la *Publicación 79*, es el informe del Comité 1 sobre **Susceptibilidad Genética al Cáncer**. Fue tomado en consideración tras una sesión de conclusiones sobre sus implicaciones en protección radiológica que fue redactada en borrador por la Comisión Principal y está en fase de publicación. El informe revisa los mecanismos de la oncogénesis de la radiación en relación con la mutación génica en el hombre y los animales; la frecuencia espontánea de mutaciones

relevantes en células germinales en poblaciones humanas y el papel de los factores genéticos en el cáncer radioinducido. El texto pasa revista y se posiciona sobre los mecanismos de reparación y daño en el DNA; el papel de los genes en el desarrollo de cánceres leucemia y linfomas, y sobre los modelos para el riesgo de cáncer de origen genético. Con respecto a las implicaciones sobre la protección radiológica, el informe concluye que la prevalencia de cánceres de origen familiar en la población es suficientemente pequeña como para no alterar las actuales estimaciones de riesgo para la población. El riesgo de cáncer radioinducido a bajas dosis en individuos con susceptibilidad genética es considerado bajo cuando se compara con las tasas espontáneas, sin embargo, el riesgo para estos individuos puede ser importante tras una exposición a altas dosis como las de radioterapia.

3. El segundo informe, la *Publicación 80*, proviene de un Grupo de Trabajo de miembros del Comité 2 y 3 sobre **Dosis de Radiación a Pacientes por Radiofármacos (Adendum 2 a la Publicación 53 del ICRP)**. El informe contiene modelos biocinéticos y dosis efectivas, utilizando la dosimetría del ICRP 60 para el C-11 metilimidina y 2-timidina; urea con C-14 y CO<sub>2</sub> y bicarbonato; O-15 en

agua; Tc-99m en inmunoglobulina HIG, pertecnegas y tecnegas, In-111 tetrofosmin en inmunoglobulina HIG y octroide. Se han recalculado utilizando al dosimetría del ICRP-60, las dosis de los 19 radiofármacos de uso más frecuente de la *Publicación 53* como son los del F-18 en fluor-deoxi-d-glucosa; Cr-51 en el ácido etilen-diaminotetracético EDTA; Ga-67 en forma de citrato; Se-75 en el ácido tauroselcólico SeH-CAT; Tc-99m en el ácido dimercapto succínico DMSA, en ácido dietilentriaminopentaacético DTPA, en eritrocitos RBC, en derivados del ácido iminodiacético IDA, en coloides grandes, en leucocitos WBC, en macroagregados de albúmina MAA, en forma no absorbible, en marcadores, en forma de pertecnato y en forma de fosfatos/fosfonatos; I-123 y I-131 en Hipuran; I-123 en metayodobenzilguanidina MIBG; I-131 en norcolesterol NP 59; Tl-201 en forma de iones. También se incluyen algunas correcciones de impresión de la *Publicación 53*. Finalmente se reproducen sin cambiar los datos dosimétricos del *Adendum 1*, como por ejemplo, H-3 y C-14 en grasa neutra y en ácidos libres de grasa, Ga-68 en ácido dietilentriaminopentaacético DTPA y otros.

4. Los medios electrónicos de difusión representan para ICRP nuevos retos. ICRP está finalizando un CD-ROM que, en esencia, expande las

tablas de las *Publicaciones 68 y 72* del ICRP añadiendo a la dosis efectiva de la versión impresa, las dosis para distintos órganos, incluyendo al Resto del Organismo. La Comisión, en unión con su editor, está contemplando la posibilidad de producir versiones electrónicas, exactamente iguales a las publicaciones actuales, que se incluirían en unas Series Técnicas como parte de los Anales.

5. El tercer informe será la *Publicación 81: Estimaciones de Riesgo para Enfermedades Multifactoriales*. La conclusión principal del informe es que el riesgo para enfermedades hereditarias radioinducidas es menor que el que había sido estimado previamente. El informe proporciona detalles de estudios de simulación por ordenador para estimar el riesgo de aquellas enfermedades multifactoriales de mayor ocurrencia y para las que se sabe que intervienen en ellas tanto factores ambientales como mutacionales. Se indicarán las limitaciones del modelo y el impacto de los cambios debidos a mutaciones en las interacciones génicas en poblaciones en no equilibrio. Una conclusión preliminar es que no es probable que las mutaciones radioinducidas a bajas dosis influyan de forma significativa en la incidencia de las enfermedades multifactoriales más corrientes.

6. El cuarto informe es **Dosis en Función de la Edad para Miembros del Público por Incorporación de Radionucléidos, Parte 6**.

**Embrión y Feto.** La *Publicación 82* se ocupa de las incorporaciones de la madre antes y durante el embarazo para alguno radioisótopos de los 31 elementos para los que recientemente se han publicado modelos biocinéticos dependientes con la edad. Este informe estará disponible el próximo año cuando se hayan finalizado las labores de garantía de calidad de los coeficientes de dosis.

#### COMITÉ 1

7. El Comité 1 del ICRP tiene la responsabilidad de revisar los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y de desarrollar documentos que relacionen tales efectos con las necesidades de la protección radiológica. El programa de trabajo del Comité 1 que ha sido acordado por la Comisión incluirá la preparación de informes por tres Grupos de Trabajo:

- Revisión de la evidencia epidemiológica del cáncer radioinducido a bajas dosis y caracterización de la relación dosis respuesta.
- Efectos de la radiación en el embrión/feto en desarrollo con valoraciones sobre el riesgo de cáncer, disfunciones neurológicas y otros efectos deterministas, y
- Una evaluación de los factores de Eficacia Biológica Relativa RBE con respecto a los efectos deterministas y estocásticos.

Las Agrupaciones de Trabajo continuarán:

- revisando los estudios epidemiológicos publicados,
- siguiendo los desarrollos de la biología molecular y celular con influencia sobre los efectos de las radiaciones ionizantes,
- identificando las células con riesgo,
- proporcionando evidencia de efectos asociados a la dosis y tasa de dosis a través de estudios en animales,
- recomendando sobre los riesgos genéticos en relación con desórdenes tanto de tipo multifactorial como mendelianos, y
- seguimiento de la evidencia de sinergismo o aditividad en células y tejidos entre los efectos de las radiaciones ionizantes y agentes químicos cancerígenos.

#### COMITÉ 2

8. El comité 2 tiene la responsabilidad de establecer normativa secundaria basada en los límites de dosis recomendados por la Comisión. El Comité y sus Grupos de Trabajo han desarrollado una serie de documentos relacionados con la radiación externa y con la incorporación interna de radionucléidos. El



programa de trabajo del Comité 2 ha sido muy intenso desde la publicación de las Recomendaciones de 1990. Existen varios grupos de trabajo cuyas actividades principales son:

- La revisión del Hombre Patrón (*Publicación 23*). El esqueleto está en la *Publicación 70* y los datos Anatómicos y Fisiológicos vendrán a continuación.
- El trabajo sobre el Modelo Dosimétrico para el Tracto Alimentario para reemplazar el modelo actual de 1966 del Tracto Gastrointestinal.
- Cálculos de dosis para los nuevos maniqués de referencia.

9. La finalización de todos estos informes de los diferentes Grupos de Trabajo del Comité 2 coincidirán con la revisión de la *Publicación 30 (Límites por Incorporación de Radionucleidos para los Trabajadores)*. El programa futuro del Comité 2 incluirá:

- Aplicación del modelo del tracto respiratorio humano a materiales específicos para disponer de coeficientes de dosis asociados a lugares de trabajo.
- Se continúa con la revisión de los modelos dosimétricos y biocinéticos necesarios para la revisión de la *Publicación 30*.
- Valoración crítica en conexión con el Comité 1 de la dosimetría del Radón

entre el modelo del tracto respiratorio y los datos epidemiológicos.

- Desarrollo de maniqués humanos más realistas basados en imágenes médicas para cálculos de dosis.
- Coeficientes de dosis en CD-ROM.
- Establecimiento de factores de conversión a dosis para inmersión en una nube, o por suelos contaminados a varias profundidades, con materiales radiactivos.

### COMITÉ 3

10. La responsabilidad del Comité 3 es la seguridad y la protección radiológica en medicina. Su principal actividad ha sido la preparación de la *Publicación 73 sobre Protección Radiológica y Seguridad en Medicina*. Tras la reunión de Oxford en Septiembre de 1997, el Comité 3 propuso y la comisión aceptó, el establecimiento de tres Grupos de Trabajo para producir informes sobre:

- Protección de pacientes y personal médico en radiología intervencionista.
- Prevención de accidentes en radioterapia.
- Recomendaciones sobre el embarazo en pacientes con tratamientos de diagnóstico o terapia y también para el personal médico.

- Existe también en Grupo de Trabajo sobre *Dosis a Pacientes por Radiofármacos* que ha producido la *Publicación 54 y sus Adendas*.

11. Las Agrupaciones de Trabajo del Comité 3 considerarán:

- la protección radiológica en pediatría,
- aspectos de la gestión de residuos radiactivos de prácticas médicas,
- los principios de protección radiológica para médicos de medicina general y estudiantes de medicina,
- seguridad radiológica en medicina nuclear,
- protección radiológica en la tomografía computerizada: recomendaciones para la reducción de dosis,
- implicaciones de la susceptibilidad genética a la exposición a las radiaciones en la práctica médica.

### COMITÉ 4

12. El Comité 4 tiene la responsabilidad de considerar las aplicaciones prácticas de las recomendaciones de la Comisión. Actualmente hay dos Grupos de Trabajo en este Comité:

- **Principios para la Protección del Público ante Exposiciones Crónicas.** Ahí se discute sobre cuándo suspender las con-

tramedidas de intervención, recomendaciones sobre descontaminación y recuperación de tierras contaminadas de prácticas anteriores de accidentes y exposiciones no previstas a altas dosis de fuentes naturales.

- **Recomendaciones de Protección Radiológica Aplicadas a la Gestión Definitiva de Residuos Sólidos Radiactivos de Período Largo.** Hay necesidad de revisar la *Publicación 46 (Principios de Protección Radiológica para la Gestión Definitiva de Residuos Sólidos Radiactivos)*, de forma especial las exposiciones potenciales procedentes de los residuos de período largo, los objetivos de protección a largo plazo, la ponderación a dar a las dosis futuras y la aplicación de la optimización de la protección.

Las Agrupaciones de Trabajo el Comité 4 considerarán:

- recomendaciones sobre el uso de la dosis colectiva,
- coherencia entre los niveles de dosis utilizados para el público en prácticas e intervenciones,
- seguimiento de la literatura sobre protección del medio ambiente y sobre la gestión de accidentes, y
- mantener contactos con el Comité 1 acerca de sus estudios sobre susceptibilidad genética al cáncer.

### PROGRAMA DE TRABAJO DE LA COMISIÓN PRINCIPAL

14. La Comisión está considerando la reafirmación o la revisión de sus recomendaciones. Ello implicará la toma en consideración de toda nueva información biológica, de los temas de las recomendaciones actuales que han sido ampliados o clarificados en informes posteriores, y de los temas identificados de política del ICRP que necesitan una reconsideración. En primer lugar existe la necesidad de incorporar la filosofía del documento sobre Política de Residuos (*Publicación 77*), junto con puntos clave del documento médico (*Publicación 73*) y aspectos sobre el Radón (*Publicación 65*) y sobre las exposiciones ocupacionales (*Publicación 75*).

15. Hay también algunas políticas que podrían cambiar. ¿Debe eliminarse para trabajadores el promedio de 5 años para la dosis? Ya ha sido establecido en la revisión de la *Publicación 54* que el límite anual de dosis comprometida para incorporaciones es de 20 mSv. Se clarificará el concepto de restricciones de dosis para el feto. La dosis efectiva se basa en una estimación del detrimento, ¿debe la Comisión sustituirla por una sobre mortalidad?-. Necesita atención la definición de órganos y tejidos, especialmente en el resto del organismo, cuando un tejido viene definido como un tipo de células y cuando el resto de organismo se subdivide para evitar efectos deterministas.

16. Existe también una pregunta fundamental sobre si hay que desarrollar una filosofía de protección basada en el individuo, según se aventura en el documento sobre Dosis Controlable.

17. Tal revisión fundamental implica el examen de los objetivos de la Comisión y del propósito de sus recomendaciones. Las recomendaciones actuales ponen el énfasis en el bien y el mal colectivos y aplican restricciones en la optimización para limitar la desigualdad entre las personas y fijan límites de dosis para prevenir riesgos inaceptables a cada individuo. Este enfoque tradicional podría complementarse con otro que incidiera en la protección de los individuos contra los peligros de fuentes individuales.

18. Un efecto de este cambio sería la garantía de protección adecuada para las personas definiendo lo que es adecuado para rangos de situaciones preseleccionadas. En la práctica, ello dará como resultado un nivel de protección tan bueno como el actual para aquellos individuos con cualquier nivel significativo de exposición. En efecto, este sistema proporcionaría una protección adecuada para los individuos y la sociedad sin el énfasis teórico actual en bajas dosis a un número grande de individuos. Podría entonces no ser necesario distinguir entre "Prácticas" e "Intervenciones", ni distinguir entre diferentes categorías de exposición.

**Eduardo Sollet**

## ACTIVIDADES Y PROYECTOS DEL GRIAPRA

Entre los días 14 y 27 de octubre se han celebrado en La Habana, aprovechando la convocatoria del IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica Nuclear, Congreso Regional IRPA y I Congreso Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica, diversas actividades entre las que se encuentran la reunión del Grupo Iberoamericano de Protección Radiológica (GRIAPRA).

A continuación se exponen algunos de los proyectos de este Grupo:

### CURSO SUPERIOR DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

La importancia de este curso radica, desde el punto de vista académico, en que se encuentra incluido en un convenio entre la Universidad de Extremadura y el Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear de Cuba. Además, en cuanto a su proyección, está prevista la asistencia de 10 alumnos en hospitales españoles para el próximo año, según criterios de selección y la entrega de un trabajo monográfico que los participantes deben entregar oportunamente.

### TALLER SOBRE ASPECTOS REGULATORIOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

Los objetivos de este taller fueron: contribuir a la implantación de las recomendaciones internacionales en materia de exposiciones médicas, favorecer el

intercambio y el debate profesional, y exponer las experiencias habidas a nivel internacional.

Se sentaron las bases del taller mediante la exposición de los siguientes temas:

- Relevancia de las exposiciones médicas en el contexto latinoamericano. La exposición médica en las recomendaciones de la ICRP. Exposiciones potenciales en la práctica médica.
- Aplicación de las normas básicas internacionales en el entorno médico.
- Funciones de los Organismos de Salud en el control de las exposiciones médicas. Coordinación con otras actividades reguladoras.
- La función de las Sociedades Científicas de Protección Radiológica en relación con la protección radiológica del paciente.
- Educación y entrenamiento de los profesionales de la salud para el control de las exposiciones médicas.
- La experiencia europea: La Directiva 97/143/Euratom sobre protección del paciente y propuestas de niveles orientativos o de referencia de dosis a pacientes en radiodiagnóstico.
- Regulación de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes mediante sistemas de autorizaciones personales e institucionales.
- La función de la física médica en la protección del paciente. Requerimientos reguladores en el desarrollo de la física médica.

Posteriormente, se realizó una mesa redonda sobre la influencia de las acciones reguladoras en la mejora de la calidad del equipamiento empleado en la práctica médica.

Los días siguientes, reunidos en grupos de trabajo, se debatieron aspectos sobre equipamiento, formación, control de calidad, niveles orientativos, etc., en áreas de Medicina Nuclear, Radioterapia y Radiodiagnóstico.

### REUNIÓN DE TRABAJO SOBRE DOSIMETRÍA BIOLÓGICA

Durante esta reunión, se informó al Grupo sobre la aprobación del Proyecto por parte del Gobierno de la Junta de Extremadura, con un aporte inicial de 10 millones de pesetas para la adquisición de materiales y equipamientos destinados a la ejecución de las actividades previstas en el proyecto realizado por este Grupo previamente y que contienen las siguientes actividades básicas:

- Creación de un Grupo Coordinado de Laboratorios de Dosimetría Biológica.

- Implementación de la técnica de Hibridación in situ por Fluorescencia (FISH).
- Evaluación conjunta de una muestra de niños procedentes de Chernobyl.
- Entrenamiento de profesionales del área biomédica en el conjunto de técnicas de Dosimetría Biológica.
- Reuniones de coordinación, seguimiento y evaluación final del proyecto para mayo del año 2000, coincidiendo con el X Congreso IRPA.

**ESTADO DE LOS PROYECTOS**

Se hace un breve análisis sobre el estado de los proyectos propuestos en la sesión anterior.

El proyecto relacionado con Dosimetría de la contaminación interna está en fase preliminar, mientras que el de Dosimetría Biológica está en un grado importante de avance. Por su parte, el grupo de Radiopatología tiene un proyecto muy interesante en el que ya están identificados los profesionales que participarán y se han redactado los protocolos pertinentes.

Con respecto a los trabajos ya iniciados se sugiere intensificar su difusión, tratando de identificar los posibles grupos interesados en cada país, además de realizar una tarea de difusión a través de la revistas editadas por las diferentes Sociedades.

Se propone que el GRIAPRA, además de la difusión de los proyectos, realice una acción de seguimiento de los mis-

mos, y preparar un borrador con las sugerencias de los diferentes países sobre trabajos colaborativos. Dentro de la información técnica se considera necesario continuar con el proyecto de traducción del ICRP-73.

**COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DEL GRIAPRA**

Se presenta la nueva forma de comunicación y difusión que tendrá el GRIAPRA a través de un servidor en la Universidad de Extremadura. El sistema tendrá dos niveles de acceso, uno público y otro con información específica para los integrantes del GRIAPRA que contarán con un password y servidor de vía de comunicación interna.

**Juan José Peña**

**III REUNIÓN DE COORDINADORES DEL PROYECTO ARCAL XX**

**E**sta reunión se llevó a cabo en La Habana como una actividad colateral al IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, y en ella participaron los coordinadores de Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Ecuador, México, Perú, Uruguay y Venezuela. También estuvieron presentes el Coordinador de Proyectos Regionales del OIEA, el Oficial Técnico del Proyecto y el Oficial del OIEA.

La reunión reafirmó el objetivo del proyecto, así como los resultados

esperados y mejoró la estructura de los documentos sin variar su contenido teórico. Se analizaron los documentos elaborados por expertos de la región en el campo de la Radiografía Industrial, la Medicina Nuclear, la Braquiterapia y un Manual del Inspector, así como también se revisó el Plan de Actividades para los años 1999 y 2000.

Hasta la fecha, el plan de actividades se ha cumplido en su totalidad ya que

se ejecutaron las 13 actividades planificadas (11 regionales y 2 nacionales) con el 53,4% del presupuesto asignado y además se elaboraron los documentos técnicos para las prácticas de Teleterapia, Radiografía Industrial, Medicina Nuclear, Prospección Petrolífera, Braquiterapia e Irradiadores Industriales. Además, se realizó la primera reunión de expertos para los Indicadores de Desempeño, de la que se obtuvo un documento preliminar y se elaboró un Manual de Inspector para armonizar los



criterios de organización y realización de inspecciones.

Algunos documentos han sido utilizados por el OIEA como referencia para la elaboración de Códigos de Prácticas en Radioterapia y Radiografía Industrial.

Igualmente, se ha efectuado la difusión de información sobre seguridad radiológica mediante el Boletín ARCAL y la página Web en Internet (<http://www.arcalx.org.pe>).

#### ACUERDOS FINALES

Además de someter a consideración de los Coordinadores Nacionales de ARCAL de cada país la aprobación del informe de la reunión, se tomaron otros acuerdos.

Se acordó que los Coordinadores de Brasil, Chile, Ecuador y Uruguay elaboren una Idea de Proyecto para el ciclo de programación 2001-2002 y la presenten a consideración de los demás Coordinadores en marzo de 1999.

También se acordó constituir un Comité de Revisión compuesto por los Coordinadores de Cuba, México, Perú y Venezuela, quienes consolidarán los documentos aprobados en cuanto al rigor técnico, contenido y redacción.

Asimismo, se solicitará al organismo que proceda la circulación del informe de la III Reunión de Coordinadores del Proyecto antes del 30 de noviembre de 1998.

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

La Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC) se reunió con los representantes de las Sociedades y con los miembros del Consejo Directivo durante la celebración del IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear (La Habana) con la finalidad de tomar conocimiento sobre las actividades efectuadas, fijar la sede del próximo Congreso Regional, renovar los cargos directivos y formular acciones futuras.

Se acordó que el V Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear se realizará en Recife (Brasil) en el primer semestre del año 2001.

También se decidió la incorporación de la Asociación Uruguaya de Protección Radiológica y se informó sobre la creación de las Sociedades de Panamá y República Dominicana, actualmente en proceso de consolidación debido a que aun no cuentan con el número mínimo de asociados (20). También se renovaron los cargos directivos, recayendo la Presidencia de la FRALC en Raúl Ortiz Magaña (México), la Secretaría General en Rodolfo Touzet (Argentina), y como Consejeros: Luis Jova Sed (Cuba), Hermenegildo Maldonado (México), Eduardo Medina Gironzini (Perú) y César Arias (Argentina), este último como Presidente saliente. Ade-

más, se incorporó a Helen Khoury (Brasil) como presidente del próximo Congreso Regional.

Finalmente, se planteó la necesidad de impulsar las acciones del FRALC en base a los objetivos para los que fue creada y de formular actividades conjuntas de las Sociedades de la región.

En esta reunión también se tomó conocimiento del creciente interés de formar sociedades nacionales en varios países de la región, para lo que los directivos de la FRALC están realizando acciones con diversos profesionales.



## AYUDA A CUBA

**L**uis Jova Sed, Director del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones de Cuba, ha enviado una relación de los equipos que necesitan para ser utilizados en actividades de formación y funciones estatales de calibración y auditorías de calidad a los servicios de radioterapia y radiodiagnóstico de Cuba.

Estos son: Equipo radiográfico convencional. Equipo mamográfico. Reveladora automática. Chasis y pantallas reforzadoras. Medidor de producto dosis-área. Maniqués (fantomas) radiográficos. Medidor no invasivo de mAs. Fuente de corriente patrón para calibración de electrómetros. Conec-

tores TNC triaxial (hembra y macho). Kit para reparación de cámaras FARMER /tipo 2542/3A, 2542/3C). Fuentes de braquiterapia de baja tasa de dosis.

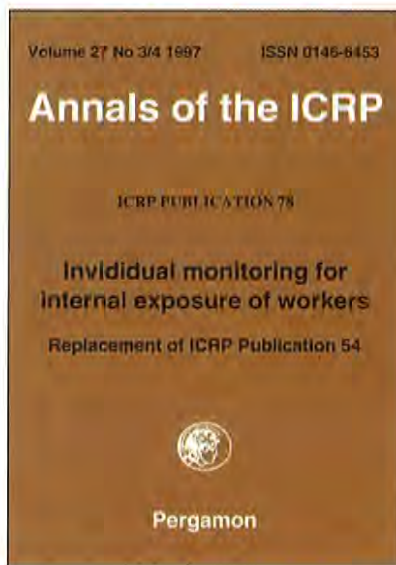
Contacto: Leopoldo Arranz. (leopoldo.arranz@hrc.es)



*La Junta Directiva de la S.E.P.R.,  
el Comité Científico  
y el Comité de Redacción  
de **RADIOPROTECCION**,  
desean a nuestros  
lectores unas felices fiestas  
y un próspero año 1999.*



**ICRP Publication 78  
Individual Monitoring for Internal  
Exposure of Workers  
Replacement of ICRP-54**  
Pergamon



Recientemente acaba de salir la Publicación número 78 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP-78, que lleva por título: *Vigilancia Individual para la Exposición Interna de Trabajadores*.

Esta publicación sustituye a la anterior publicación de ICRP-54 que trataba del mismo tema. La principal novedad lo constituye el cambio del modelo pulmonar del ICRP-30 al nuevo establecido en el ICRP-66. Se mantiene todavía hasta alrededor del año 2000 el modelo utilizado para el tracto gastrointestinal con la única variante de que la excreción vía heces se produce a través del intestino grueso superior e inferior; y cambian así mismo varias funciones de retención sistémicas, sobre todo las de los actínidos, previamente establecidas en las publicaciones 67 y siguientes del ICRP así como la del Fe-59, todas

ellas con recirculación entre varios órganos.

Se reconoce como criterio general que, dadas las incertidumbres asociadas a la dosimetría interna *in vivo* e *in vitro*, así como las que rodean los modelos metabólicos que permiten estimar dosis internas, el control sobre ellas se establece a un nivel en general, más pequeño para con la dosimetría externa.

ICRP-78 fija las condiciones y establece los requisitos de vigilancia a aplicar en el control y vigilancia de la exposición interna de trabajadores expuestos. Algunos asuntos relevantes que ICRP recomienda en esta publicación son los siguientes:

- Desaparece el nivel de registro como parámetro de control de la exposición interna.
- Se mantiene, sin embargo, el Nivel de Investigación, al que se le asigna un papel complementario con la misma definición actual, pues se deja al criterio del usuario su definición cuantitativa desde un valor relacionado con aquella actividad observada cuya significancia radiológica es despreciable y por consiguiente no merece la pena ser registrada como dosis individual, hasta el 10 % del Límite Derivado de Incorporación Anual o de dosis aplicable.
- Se sigue manteniendo el Límite de Incorporación Anual que se establece sobre la base de una dosis efectiva anual comprometida de 2 mSv.
- Salvo para exposiciones que se aproximen a los límites anuales, no se recomienda que se modifiquen los modelos metabólicos

propuestos para adaptarlos a las circunstancias individuales.

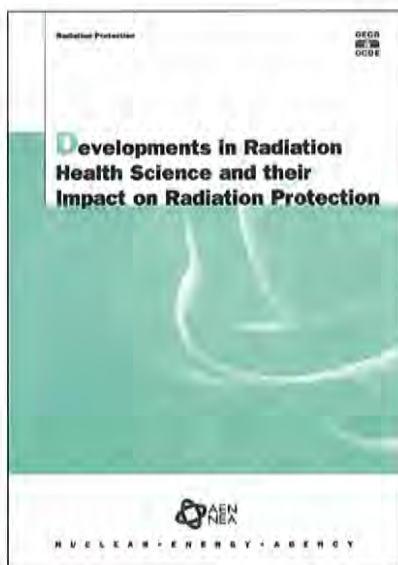
- Para vigilancia rutinaria se sigue recomendando que se suponga que la incorporación tuvo lugar en el punto medio del intervalo de vigilancia. Recomienda que cuando la influencia de incorporaciones anteriores sea igual o superior al 10% de la medida actual, se tenga en cuenta esta influencia y se corrija la medida actual.

Para las siguientes especies radiactivas, Tritio, Hierro, Cobalto, Estroncio, Yodo, Rutenio, Cesio, Radio, Torio, Uranio, Neptunio, Plutonio, Americio, Curio y Californio se establecen Límites de Incorporación Anual y se detallan las funciones de retención en todo el cuerpo, pulmones y tiroides para el yodo y de excreción en orina y heces tanto para exposiciones únicas como crónicas y vigilancias rutinarias y especiales.

Esta publicación, que ya está siendo utilizada por los laboratorios y centros de dosimetría más avanzados, será el estándar en España cuando entre en vigor en el año 2000 el nuevo reglamento de Protección Radiológica que adapte la nueva Directiva Europea sobre la materia. Por otro lado, en su vertiente más práctica, constituye hoy en día la referencia obligada de control de calidad para la revisión de los procedimientos actuales de control y vigilancia de la exposición interna así como de las herramientas de cálculo existentes de estimación de dosis internas para adaptarlos al nuevo modelo pulmonar del ICRP-66 y nuevas funciones de retención sistémicas que han ido apareciendo.

**Avances en las Bases Científicas de los Efectos de las Radiaciones y su Impacto en la Protección Radiológica**

Informe del Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Tecnología con repercusiones sobre la Protección Radiológica - Subgrupo sobre Bases Científicas de la Radiación  
CRPPH de la NEA-OCDE  
(Comité sobre Protección Radiológica y Salud Pública)



En el pasado mes de octubre, la Agencia de la Energía Nuclear (NEA) de la OCDE, hizo público un informe del Comité sobre Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH), fruto de un grupo de trabajo de expertos en las ciencias que soportan la regulación sobre protección radiológica, titulado: *Desarrollos en las Bases Científicas y Sanitarias y su Impacto en la Protección Radiológica*.

El informe trata sobre cuatro aspectos: el debate alrededor del empleo del modelo lineal sin umbral para estimar los riesgos de la radiación, de forma muy especial, los riesgos a bajas dosis; posibles impli-

caciones de los avances en nuevas técnicas biológicas que pueden permitir identificar individuos que son genéticamente más sensibles a los efectos de las radiaciones que la población en general; del desarrollo de la dosimetría biológica y de los biomarcadores que permitirían identificar los tumores causados por la radiación ionizante; y las implicaciones en la mejora del conocimiento de los riesgos de la exposición simultánea a múltiples agentes cancerígenos, tales como la radiación y el tabaco o la radiación y el asbesto.

El informe hace en primer lugar una recopilación de los aspectos conocidos y no conocidos del riesgo de las radiaciones ionizantes.

**¿CUÁL ES EL CONOCIMIENTO ACTUAL SOBRE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES?**

- El principal riesgo somático de la radiación ionizante es la inducción del cáncer. También se conoce que a altas dosis, mayores de 500 mGy, se producen efectos deterministas (eritema, cataratas e infertilidad, entre otros).
- La radiación ionizante a las bajas dosis de interés en la protección radiológica es un agente cancerígeno débil.
- Existe firme evidencia del riesgo de inducción de cáncer en el hombre para dosis agudas superiores a 200 mGy.
- No se ha observado ningún efecto biológico positivo en el hombre como consecuencia de la exposición a dosis agudas de radiación.
- Diferentes tejidos y órganos exhiben un amplio rango de sensibilidades hacia el cáncer radioinducido.
- Los cánceres sólidos inducidos por la radiación exhiben un largo periodo de latencia generalmente mayor de 10 años. Por contra, la leucemia y el cáncer de tiroides en niños pueden aparecer pocos años después de la exposición.
- Diversos factores de tipo ambiental (hábito de fumar, agentes infecciosos, etc.) o asociados al individuo (sexo, edad en el momento de la exposición, tiempo posterior a la exposición, predisposición genética, etc.) pueden influir en el riesgo de cáncer a los niveles de exposición para los que se tiene constancia de ocasionar efectos biológicos.
- Existen mecanismos de reparación celular. Sin embargo, también pueden darse reparaciones erróneas y producirse lesiones residuales en el DNA.
- La eficacia de los eventos primarios a nivel celular y molecular a veces depende linealmente de la dosis absorbida. Sin embargo muchos otros procesos biológicos multieta-pas no son lineales.
- Los estudios epidemiológicos por sí solos no proporcionan la evidencia definitiva sobre la existencia o no existencia de efectos cancerígenos a bajas dosis o bajas tasas de dosis de radiación. Sin embargo, la falta de evidencias epidemiológicas para la existencia de efectos radioinducidos a bajas dosis y tasas de dosis no es una prueba de que tales efectos no existan.
- El embrión o el feto en desarrollo son más sensibles a la exposición a la radiación ionizantes que el niño o el adulto.
- Los estudios epidemiológicos no han detectado efectos hereditarios

de la radiación en el hombre con un nivel de confianza estadísticamente significativo.

### ¿QUÉ PERMANECE TODAVÍA DESCONOCIDO?

- La pendiente de la relación dosis-efecto a bajas dosis y tasas de dosis todavía está en cuestión.
- La influencia que ejercen en el riesgo radiológico los factores de tipo ambiental (hábito de fumar, agentes infecciosos, etc.) o asociados al individuo (sexo, edad en el momento de la exposición, tiempo posterior a la exposición, predisposición genética, etc.) es incierta.
- Para la misma dosis absorbida, diferentes tipos de radiación (alfa, beta, gamma, neutrones) muestran diferentes eficacias en la inducción de efectos biológicos. No se conocen suficientemente bien las bases de la eficacia biológica de los diferentes tipos de radiación para inducir en el hombre efectos tardíos a bajas dosis y bajas tasas de dosis.
- Se cree, aunque no se conoce con certeza todavía, que el mecanismo de la carcinogénesis, ya sea para el cáncer radioinducido o producido por otros agentes, es un proceso de varias etapas. Se postula que el origen del cáncer es el resultado de sucesos que producen mutaciones genéticas en lugares críticos y de otros factores tales como el estado hormonal, edad, capacidad inmunológica, etc. No se conoce todavía cuál es el efecto de la radiación en las distintas etapas de la carcinogénesis.
- Aunque se supone que el daño en el DNA es la fase crítica en la carcinogénesis radiológica, no se sabe cuáles son las lesiones críticas en el DNA responsables de las mutaciones génicas o puntuales y de las aberraciones cromosómicas que conducen al cáncer. No se puede asociar específicamente la causa de un cáncer individual a un agente dado, como puede ser la exposición a la radiación.
- No se sabe cuántas células tumorigénicas son necesarias para producir un cáncer *in vivo*.
- No está claro porqué los órganos y tejidos varían en su radiosensibilidad. En el momento actual no se conoce si la sensibilidad a la radiación se puede predecir a partir de la incidencia espontánea de la mayoría de los cánceres.
- No existen métodos capaces de medir la sensibilidad de los individuos a la radiación.
- No se conoce en su totalidad la influencia de los mecanismos de reparación en el riesgo del cáncer radioinducido a bajas dosis y bajas tasas de dosis. Sin embargo se sabe que en las células se producen mecanismos de reparación de tipo biológico y químico del daño radiológico. Todo ello es la causa de la incertidumbre asociada a los factores de corrección de dosis y tasa de dosis del riesgo radiológico.
- No se sabe si la respuesta adaptativa observada en células individuales bajo ciertas condiciones (véase el número 18 de RADIO-PROTECCIÓN), tiene influencia en el riesgo radiológico para el ser humano.
- No está clara la existencia en el hombre de efectos positivos de la radiación a bajas dosis.

A continuación se realiza un análisis de la información disponible en la actualidad sobre los cuatro aspectos que trata el informe concluyendo en cada uno de ellos lo siguiente:

### 1. Relación Dosis-Efecto

Los últimos datos epidemiológicos sobre los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki (HN) no contradicen las actuales estimaciones riesgo para irradiaciones agudas, y por tanto refuerzan las bases que han servido a ICRP para proponer los límites de dosis de su Publicación 60. Sin embargo estos últimos datos no permiten dar una respuesta definitiva a la validez o no de la hipótesis LSU (lineal sin umbral, siglas inglesas LNT). Desde un punto de vista de protección radiológica es poco probable que los datos epidemiológicos futuros que se obtengan del LSS (Life Span Study) de los supervivientes HN pueda cambiar los fundamentos actuales del sistema de protección radiológica o alterar los valores numéricos de los límites de dosis.

Esta conclusión no debe ser interpretada como un rechazo a la importancia fundamental que tiene la investigación básica sobre los mecanismos de inducción del cáncer y por tanto no debe afectar a las bases científicas del Sistema de Protección Radiológica.

La información sobre la existencia de un umbral o de efectos que parecen responder a la existencia de un umbral en casos específicos, especialmente en el caso de irradiación interna de radionucléidos, deberá ser tenida en cuenta en el análisis y gestión de la protección radiológica en aquellas situaciones en que estas circunstancias sean relevantes. Por ello el comité CRPPH deberá iniciar una reflexión profunda sobre el empleo de un "enfoque experto" en ciertas situaciones, teniendo en cuenta que ello no es inconsistente con el Sistema actual de Protec-

ción Radiológica. Esta reflexión deberá abarcar la viabilidad y, en particular, la importancia de su aplicación práctica y los potenciales malos usos de este enfoque experto, ilustrando su empleo en una serie de casos específicos en los que tenga aplicación.

## 2. Causalidad

En la actualidad no se sabe si las células cancerosas portan la identificación de su agente causante. Todavía no se dispone de biomarcadores y dosímetros biológicos para los niveles de dosis importantes para la protección radiológica. Sin embargo, los desarrollos en este área tienen un gran potencial para estimular estudios epidemiológicos a nivel molecular cuyos resultados, a su vez, podrían afectar de forma significativa a la protección radiológica. El CRPPH debe seguir al tanto de los progresos en la investigación sobre los biomarcadores y alentar la colaboración internacional entre estos programas de investigación. Tales desarrollos tendrán implicaciones en la determinación de la causalidad del cáncer en personas, en los programas nacionales de empleo, de seguros médicos y de indemnizaciones.

## 3. Predisposición genética

La predisposición genética puede convertirse en un tema importante en la protección radiológica, principalmente en el caso de trabajadores porque ello puede afectar políticas nacionales de empleo, seguros e indemnizaciones. Sin embargo, si la ciencia es capaz en el futuro de proporcionar información útil en este área, su análisis no debería solamente ser realizado dentro de la protección radiológica, sino que también deberían participar otros segmentos de la sociedad. Aunque los problemas de empleo, seguros e indemnizaciones para los individuos de mayor riesgo están, estrictamente hablando, fuera del campo

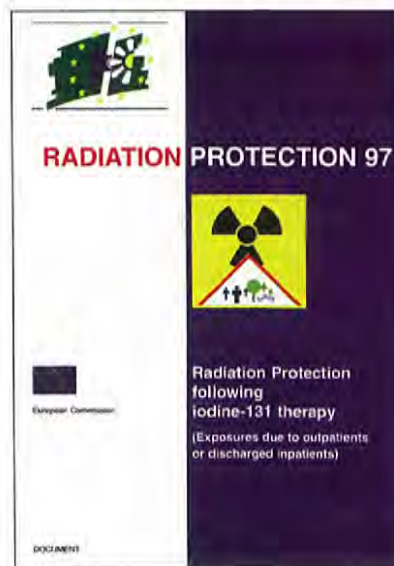
de la protección radiológica, la comunidad radiológica debe implicarse en ello. Por ello el CRPPH no parece el foro adecuado para estas discusiones. No obstante, el Comité debería estudiar los aspectos radiológicos de estos temas y preparar un informe a los agentes decisores sobre la viabilidad de tales evaluaciones y sus consecuencias en la protección radiológica y en otros campos de la industria.

## 4. Cuantificación de los efectos combinados a la salud por diferentes agentes

Las interacciones entre la radiación y otros agentes físicos, químicos y biológicos constituyen un importante modificador en muchos procesos biológicos y en sus manifestaciones. Su impacto en la limitación de los riesgos sanitarios individuales y colectivos en un marco unificado que comprendiera la exposición de todos los agentes nocivos importantes, necesita una consideración muy cuidadosa. Para ello será necesario seguir investigando y desarrollar modelos conceptuales. Con los resultados de estos avances, habrá que reevaluar los datos epidemiológicos actuales en el contexto de estas interacciones y será necesario iniciar nuevos estudios para investigar específicamente los efectos combinados de estos agentes. Así, por ejemplo, en un caso particular como es el del tabaco y la exposición al Radón (ver reseña sobre informe BEIR VI en el número 18 de RADIOPROTECCIÓN), los nuevos datos pueden tener implicaciones futuras en las políticas de salud pública, en las estrategias de mitigación y en la regulación específica. El CRPPH deberá seguir atento a los avances en estos campos y favorecer la cooperación internacional entre los programas nacionales de investigación.

E. Sollet

**Radiation Protection 97**  
**Radiation protection following**  
**iodine-131 therapy**  
**(Exposures due to outpatients**  
**or discharged inpatients)**  
 ISBN: 92-828-4194-4



Esta guía forma parte del conjunto de Guías Técnicas que la Comisión Europea está publicando en el campo de la Protección Radiológica, para facilitar la implantación de la Directiva 97/43/Euratom relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas. La guía se ha diseñado para servir de ayuda a las autoridades de los Estados Miembros de la UE, a los médicos especialistas, a los radiofísicos, y a todos aquellos que directa o indirectamente están relacionados con el tratamiento con I-131.

El documento está estructurado en una introducción general en la que se subraya la necesidad de establecer dosis restringidas para los individuos, que no por razón de su profesión, sino como consecuencia del cuidado y apoyo de pacientes, están expuestos a radiaciones ionizantes; una serie de capítulos y cuatro anexos. Los

capítulos comprenden los efectos de la terapia con I-131, valores recomendados de dosis restringidas para familiares y amigos cercanos clasificados en función de su edad, las medidas a tomar con pacientes ambulatorios, o datos de alta dependiendo de diversos factores, (embarazo, medio socioeconómico, fallecimiento, etc.) y por último un conjunto de recomendaciones para dar instrucciones a los pacientes ambulatorios o dados de alta.

La guía se complementa con cuatro anexos acerca de aspectos dosimétricos en la terapia con I-131, dosis recibidas por personas cercanas a pacientes tratados con I-131, aspectos básicos de la terapia con I-131, y ejemplos de instrucciones escritas para los pacientes antes de ser dados de alta.

### Justification in Radiation Protection

The British Institute of Radiology  
ISBN: 0-905749-40-5

Este documento recoge las ponencias presentadas a la reunión "Justification in Radiation Protection", celebrada en Londres el 6 de noviembre de 1997, organizada por el British Institute of Radiology y la Comisión Europea. El objetivo de la reunión era revisar el concepto de justifica-

ción en protección radiológica y medicina junto con sus aspectos operacionales, a la luz de la nueva Directiva de Exposiciones Médicas (97/43/Euratom). El documento incluye nueve ponencias sobre diferentes aspectos de la justificación que son:

- Directivas de la Unión Europea.
- Justificación en medicina.
- Justificación de la exposición a rayos x de mujeres en edad de ser madres.
- Aplicación de las exposiciones médicas.
- Justificación en el diseño de salas.
- Justificación y placas repetidas.
- Detección de robos.
- Justificación en la radiología intervencionista.
- Justificación en la investigación.

### Radiation Protection Dosimetry

Intakes of Radionuclides. Occupational and Public Exposure  
(Proceedings of a Workshop)  
ISBN: 1-870965-52-3

La necesidad de una evaluación fehaciente de las dosis de radiación resultantes del consumo de radionucleidos ha estimulado estudios más extensos en años recientes. El desarrollo del trabajo ha incluido investigaciones experimentales, estudios con voluntarios humanos y modelados matemáticos. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection-ICRP) ha desarrollado modelos para la dosimetría interna y establecimiento de dosis y ha publicado los coeficientes de las dosis de inhalación e ingestión, para pacientes, miembros del público y para trabajadores que están ocupacionalmente expuestos. Los coeficientes de la dosis para trabajadores y miembros del público también han sido dados en las directrices revisadas de EURATOM y en los International Basic Safety Standards, patrocinadas conjuntamente por FAO (Organización para la Alimentación y

## Radiation Protection Dosimetry

### INTAKES OF RADIONUCLIDES

Occupational and Public Exposure

Proceedings of a Workshop  
Avignon, France  
September 15-18 1997

Proceedings Editors

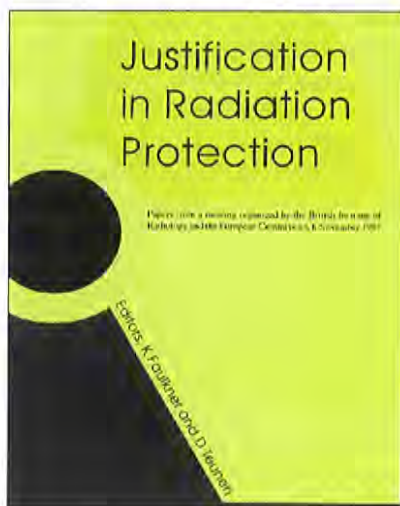
H. Mévisier  
A. Kadi  
H.-G. Menzel  
J. W. Stather

ISBN 1-870965-52-3  
COPF 870963  
EUR 1887 524  
RADIATION PROTECTION DOSIMETRY  
Published by Nuclear Technology Publishing

Vol. 79 Nos. 1-4 1998

la Agricultura), IAEA (Organización Internacional de Energía Atómica), ILO (Organización Internacional del Trabajo), OECD (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), NEA (Agencia de Energía Nuclear de la OCDE), PAHO (Organización Panamericana de Salud) y WHO (Organización Mundial de la Salud). Ha habido de este modo un acuerdo internacional en este asunto clave de la protección radiológica.

Este libro recoge el taller de trabajo que se celebró en Le Palais des Papes, en Avignon, Francia, del 15 al 18 de septiembre de 1997, al que asistieron alrededor de 200 participantes de 28 ciudades. Los ensayos incluidos en estos actos pueden ser del interés de los físicos médicos, de reguladores y de científicos experimentales relacionados con el cálculo de las dosis resultantes de la ingesta de radionucleidos. Debe ser también de interés general para los higienistas laborales o para otros relacionados con la exposición bien laboral o pública a los radionucleidos. Muchas de las técnicas de modelación, descritas en los ensayos, tienen posible aplicación en otros emplazamientos dentro de la industria relacionados con la exposición a productos químicos, metales pesados u otros materiales.



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

- Libro de ponencias y CD-Room del Congreso de la SEPR (Barcelona).
  - Socios: Libro y CD (1.000 ptas. + gastos de envío).
  - No socios: Libro + CD (6.000 ptas.). Libro (5.000 ptas.). CD (2.000 ptas.). Todo más gastos de envío.

- *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

- De forma habitual, la Sociedad recibe los Boletines de Arca y NRPB, que están a disposición de los socios para su consulta.

## RELACIÓN DE CURSOS DE REFRESCO IRPA-9, ABRIL 1996

			Plas.
R-01	F. Steinhäuser, P. Kolrappa	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. Koteles	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 Ralph H. Thomas	Shielding of Accelerator Facilities Part 1 and Part 2	1.000 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

## CONGRESOS Y REUNIONES

### • CURSO SUPERIOR DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Madrid, 1 Febrero-30 Abril de 1999  
CIEMAT. Avda. Complutense, 22. 28040 Madrid. Tel: 91-346 62 98. Fax: 91-346 60 05.

• **L'IRRADIATION MEDICALE EN FRANCE. REALITÉS ET ENJEUX DE L'IMAGERIE DIAGNOSTIQUE ET DE LA RADIOLOGIE INTERNATIONALE**  
Paris, Francia, 25-26 Marzo 1999  
Secrétariat SFPR. BP72. 92263-Fontenay-aux-Roses-Cedex. Tel: 33-1-46 54 72 85. Fax: 33-1-46 54 83 59.  
E-mail: jacques.lombard@ipsn.fr

• **INTERNATIONAL WORKSHOP IN VIVO MONITORING FOR INTERNAL CONTAMINATION: NEWS TECHNIQUES FOR NEW NEEDS**  
Mol, Bélgica, 25-28 Mayo 1999  
In Vivo 99 Secretariat C/o Caroline Poortmans. Belgian Nuclear Research Centre. Boeretang 200, B-2400 Mol, Belgium.  
E-mail: Invivo99@sckcen.be  
<http://www.sckcen.be/conf/invivo99.html>

• **SFPR 99. CONGRÈS NATIONAL DE RADIOPROTECTION.**

### SOCIEDAD FRANCESA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Angers, Francia, 2-4 Junio 1999  
Secrétariat SFPR. BP72. 92263-Fontenay-aux-Roses-Cedex. Tel: 33-1-46 54 72 85. Fax: 33-1-46 5483 59.  
E-mail: jacques.lombard@ipsn.fr

• **COURSE FOR MEDICAL PHYSICISTS ON PHYSICS OF MEDICAN X-RAY IMAGING**  
Malmö, Suecia, 8-12 Junio 1999  
Prof. Sören Mattsson. Malmö. Tel: 46-31-60 40 25. Fax: 46-31-82 24 93.  
E-mail: larsgm@radfys.se

• **WORKSHOP MEDICAL X-RAY IMAGING. POTENTIAL IMPACT OF THE REVISED EUROPEAN MEDICAL EXPOSURE DIRECTIVE (1997)**

Malmö, Suecia, 13-15 Junio 1999  
Anders Tingberg. Department of Radiation Physics. Malmö University Hospital. S-20502 Malmö, Sweden. Tel: 46-40-33 31 59. Fax: 46-40-96 31 85.  
E-mail: anders.tingberg@rfa.mas.lu.se

• **THE EFFECTS OF LOW AND VERY LOW DOSES OF IONIZING RADIATION ON HUMAN HEALTH**

Toronto, Canadá, 15-18 Junio 1999  
Canadian Nuclear Workers Council. Power Workers Union. 244 Eglinton Avenue East. Toronto, Ontario

MP4 1K2, Canadá. Tel: 1-416-481-7115. Fax: 1-416-481-7115.  
<http://www.pwu.ca/pwu/>

• **IRPA REGIONAL CONGRESS ON RADIATION PROTECTION IN CENTRAL EUROPE 1999**

Budapest, Hungría, 22-27 Agosto 1999  
Roland Eötvös Physical Congress. Budapest, Pf. 433. H-1371. Tel: 36-1-201-8682. Fax: 36-1-201-8682.  
E-mail: irpa@reak.bme.hu

• **INTERNATIONAL CONGRESS RADIATION PROTECTION: WHAT ARE THE FUTURE TRAINING NEEDS?**

Saclay, París, Francia, 6-9 Septiembre 1999  
Christiane Valet. CEA/Saclay. INSTN/UERBM. F-91191 Gif-Sur-Yvette Cedex. Tel: 33-1-69 08 27 95. Fax: 33-1-69 08 57 53.  
E-mail: valet@instndir.cea.fr

• **SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IONIZING RADIATION. ENVIRONMENTAL PROTECTION APPROACHES FOR NUCLEAR FACILITIES**

Ottawa (Canadá), 10-14 Mayo 1999  
Symposium'99, c/o The Willow Group. 582 Somerset Street West. Ottawa, Ontario K1R 5K2 Canadá. Tel: 613-237-2324. Fax: 613-237-9900.

E-mail: <kjones@thewillowgroup.com>

• **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ACHIEVEMENTS & CHALLENGES: ADVANCING RADIATION PROTECTION INTO THE 21ST CENTURY**

Southport (U.K.), 14-18 Junio 1999  
Society for Radiological Protection. Ramillies House, 1-9 Hills Place, London, W1R 1AG, UK. Tel: 44-171-287 49 55. Fax: 44-171-287 49 06

• **XII CONGRESO NACIONAL DE FÍSICA MÉDICA**

Santander, 21-24 Septiembre 1999  
Secretaría Técnica: Altamira de Congresos. Marcelino Sanz de Sautuola, 12, 1ºJ. 39003 Santander. Tel: 942-24 01 56. Fax: 942-21 96 13.  
E-mail: vallamiracon@mundivia.es  
<http://www.medi.unican.es/fismedica>

• **IRPA 10. THE 10TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION**

Hiroshima, Japón, 14-19 Mayo 2000  
Japan Convention Services, Inc. Nippon Press Center, Bidg. 2-2-1, Uchisawaicho, Chiyoda-Ku. Tokyo 100, Japan. Tel: 81 3 3508 1214. Fax: 81 3 3508 0820.  
E-mail: irpa10@convention.jp





# SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

afiliada a la

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

Correo electrónico: [sepr.@sepr.org](mailto:sepr.@sepr.org)

## SOLICITUD DE ADMISION

### Datos personales:

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

Enviar Correspondencia a: Dirección particular  Lugar de trabajo

### Socios que avalan su candidatura

D/Dª .....  
 D/Dª .....

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

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

### Sectores de actividad

Para su participación en la SEPR indique actividad profesional y/o área de interés.

(Debe adscribirse por lo menos a un sector)

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

## DOMICILIACION BANCARIA

CUENTA CARGO \_\_\_\_\_

Entidad	Sucursal	D.C.	Núm. de Cuenta

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

Muy Sr. Mío:

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

Atentamente,

(firmado)

Nombre y Apellidos .....





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

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

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

*Los manuscritos serán revisados y evaluados por el Comité Científico.*

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

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

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

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

*Todo trabajo o colaboración, se enviará por triplicado, al Comité de Redacción de la Sociedad Española de Protección Radiológica, c/. Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.*

## **1. Originales:**

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

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

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

## **2. Título y Autores:**

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

## **3. Resumen y Abstract en inglés**

Tendrán un extensión máxima de 150 palabras y deberán estar redactados de forma que den una idea general del artículo.

## **4. Texto**

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

Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

## **5. Referencia Bibliográfica**

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

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

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

## **6. Ilustraciones y Tablas**

Se utilizarán aquellas que mejor admitan su reproducción.

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

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

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

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

# SIEMENS



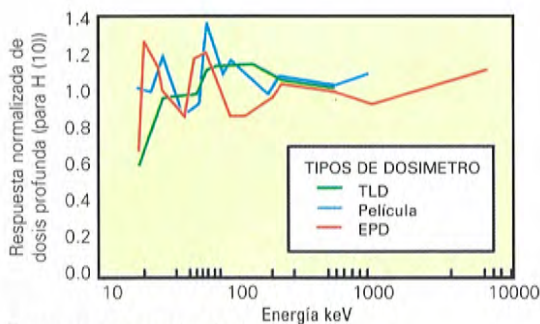
EPD Dosímetro Personal Electrónico

## La seguridad nunca ha sido tan sencilla

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

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

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



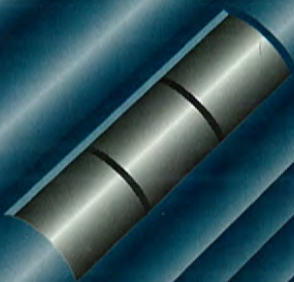
Respuesta comparativa de energía

Siemens, S.A.  
División KWU  
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