

# RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



- ✓ *Rehabilitación de SUELOS en CHERNOBYL*
- ✓ *Cultura de SEGURIDAD en PROTECCIÓN RADIOLÓGICA*
- ✓ *Plan Quinquenal de INVESTIGACIÓN del CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR*
- ✓ *GESTIÓN DE EMERGENCIAS en instalaciones radiactivas*
- ✓ *CIRCULAR INFORMATIVA: Una década después de CHERNOBYL*
- ✓ *ENTREVISTA: JOSE LUIS BUTRAGUEÑO, Subdirector de Protección Radiológica del CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR*

Nº 12 • Vol. IV • 1996

---

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

### **DIVISION TECNICA**

Laboratorio para Mantenimiento de Monitores de Protección Radiologica.

Servicio Técnico de ámbito nacional.

Verificaciones electrónicas y radioactivas de equipos y Sistemas de P.R.

### **DIVISION COMERCIAL**

Monitores de Contaminación y Radiación.

Monitores de Partículas y Residuos Radioactivos.

Pórticos.

Medidores de RADON.

Espectrometría GAMMA y ALFA.

### **DIVISION "I+D"**

Especialistas en MAPAS RADIOLOGICOS para Centrales Nucleares.

Transmisión y captación de DATOS via, Radio, Teléfono, GPS, etc.

Electrónica.

Informática.



# RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE  
PROTECCION RADIOLOGICA  
Nº12 Vol. IV • 1996

Director: Emilio Iranzo

#### Comité de Redacción

Coordinadora: María Teresa Macías

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

#### Comité Científico

Coordinador: Antonio Delgado

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

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

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

Presidente: Leopoldo Arranz  
Vicepresidente: Eduardo Sollet  
Secretario: Manuel Fdez. Bordes  
Tesorera: M<sup>º</sup> Teresa Ortiz  
Vocales: Ignacio Amor  
David Cancio  
Andrés Leal  
Juan José Peña  
Montserrat Ribas

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

Imprime DGB  
Distribuye JARPA

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

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

Depósito Legal: 17158  
ISSN: 1133-1747

# SUMARIO

✓ Editorial	5
✓ Colaboraciones	7
• REHABILITACIÓN DE SUELOS	7
“Experiencia de rehabilitación de suelos en el escenario de Chernobyl” <i>R. Millán Gómez, L. Romero González, A. Jouve</i>	
• SEGURIDAD RADIOLÓGICA	16
“Cultura de seguridad en protección radiológica” <i>E. Sollet</i>	
• GESTIÓN DE EMERGENCIAS	24
“Gestión de Emergencias en instalaciones radiactivas” <i>J. Cañizares, P. Gras, M. Guasp, J. Félix</i>	
✓ Contribución invitada	30
“El Plan Quinquenal de Investigación (1996-2000) del Consejo de Seguridad Nuclear: Protección Radiológica” <i>A. Alonso</i>	
✓ Circular Informativa	43
“Conferencia Internacional. Una década después de Chernobyl: recapitulación de las consecuencias del accidente”	
✓ Entrevista	55
“D. José Luis Butragueño, Subdirector de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear”	
✓ Opinión	59
✓ Noticias S.E.P.R.	65
✓ Informaciones de interés	75
✓ Convocatorias	83
✓ Publicaciones	84



**EG&G** DIVISION *INSTRUMENTS*  
SUCURSAL EN ESPAÑA

**WALLAC**  
AN **EG&G** COMPANY

**EG&G** BERTHOLD

# MICROBETA TRILUX

## CONTADOR DE CENTELLEO LIQUIDO MULTIDETECTOR



Lectura directa de:

- Microplacas de 96 o 24 muestras
- Filtros
- Eppendorf
- Tubos

● EMISIONES BETA

● EMISIONES GAMMA

● LUMINISCENCIA

● Mínimo volumen de residuos

● Reduce costos del material fungible

● Aumenta la velocidad de lectura (hasta 12 detectores)

08005 BARCELONA - C/ Avila, 48 - Tel.: (93) 485 06 03 - Fax: (93) 485 27 85  
28020 MADRID - C/ Orense, 66 - Tel.: (91) 571 34 66 - Fax: (91) 571 65 98

## Consolidación de la SEPR

C

on la celebración de la Asamblea General de la International Radiation Protection Association

(IRPA) en Viena, abril de 1996, se ha producido, a nuestro juicio, la consolidación a nivel internacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), al haber conseguido el apoyo a nuestras propuestas de una buena mayoría de los representantes de las Sociedades asociadas al IRPA. Los objetivos que nuestra Sociedad se había propuesto se han conseguido en su totalidad. Por una parte, tal y como ya se había previsto, nos hemos colocado en posición privilegiada para conseguir que el Congreso IRPA-11 se celebre en Madrid, en el año 2004. Por otra parte, se ha logrado la elección de nuestro candidato David Cancio como vocal de

la Junta Directiva de IRPA. Creemos que estos logros son consecuencia del impulso iniciado en la Conferencia Internacional de Salamanca y son representativos de las muchas y esforzadas actuaciones llevadas a cabo por la Junta Directiva y cuantos han intervenido y ayudado, incluidos ciertos organismos, en el desarrollo de las propuestas. Pensamos que los socios debemos sentirnos satisfechos por lo conseguido y deberíamos poner nuestro máximo esfuerzo personal para incrementar el éxito de todas las actividades de nuestra Sociedad.

La consolidación interior de la SEPR también está plenamente conseguida y su real manifestación es el incremento confirmado de socios y la respuesta a las Reuniones científicas y Congresos nacionales. Para el próximo VI Congreso, a celebrar en Córdoba, se han aceptado 129 comunicaciones, repartidas entre los 10 bloques temáticos propuestos por el Comité Científico, que nos permiten

vaticinar unas discusiones amplias, abiertas y fructíferas sobre los tópicos que en mayor grado interesan en la actualidad. El interés científico y tecnológico, conjuntamente con la magnífica organización y el sugestivo programa de actos sociales y para acompañantes, nos permite deducir que la asistencia al VI Congreso os dejará un gratísimo recuerdo. Con el interés de ser lo más útiles posibles a nuestros asociados, RADIOPROTECCION inicia en este número una sección de Opinión, que pretende dar difusión a las manifestaciones de todo tipo de ideas relacionadas tanto con la filosofía como con el desarrollo y la aplicación de la protección radiológica. Se publicarán también las respuestas de cuantos tengan algo que decir, sobre las opiniones manifestadas, en la creencia de que las controversias y polémicas producidas permitirán despejar las dudas que puedan presentarse en nuestro pensar y hacer cotidiano.



# SIEMENS



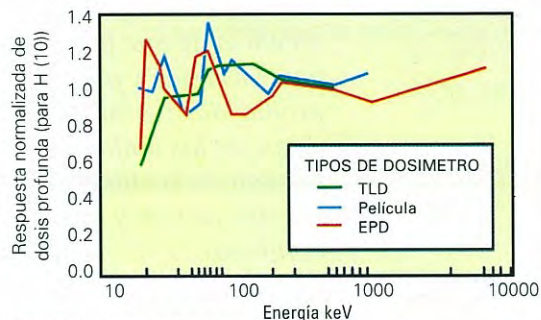
EPD Dosímetro Personal Electrónico

## La seguridad nunca ha sido tan sencilla

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

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

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



Respuesta comparativa de energía

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

# EXPERIENCIA DE REHABILITACIÓN DE SUELOS EN EL ESCENARIO DE CHERNOBYL

# E

*l escenario postaccidental de Chernobyl constituye en la actualidad un laboratorio natural de radioecología, y ofrece la posibilidad de validación, aplicación o desarrollo de métodos de descontaminación en zonas afectadas. Este trabajo presenta los resultados obtenidos en la aplicación de una técnica de rehabilitación de suelos, consistente en la retirada de la vegetación y suelo asociado, en los campos experimentales de Bourakovka y Chistogalovka cercanos a la central nuclear de Chernobyl. Los resultados obtenidos muestran factores de descontaminación del suelo superiores al 90% para cesio y estroncio. Esta técnica conlleva la retirada de las posibles "partículas calientes" depositadas tras el accidente. La experiencia ha permitido el estudio detallado de una de ellas correspondiente a un fragmento de combustible, liberada en los primeros momentos de la explosión.*

*The Chernobyl post-accident scenario became nowadays a natural radioecology laboratory, where a wide range of decontamination methods can be applied, validated or developed. This paper presents the application of a soil rehabilitation technique, the removal of vegetation and associated soil, in the experimental fields of Bourakovka and Chistogalovka surrounding the Chernobyl NPP. The results obtained have shown soil decontamination factors higher than 90% for caesium and strontium. This technique involves the removal of deposited "hot particles" released at the accident, and the experience allowed a detailed study of one of them corresponding to a nuclear fuel fragment, probably generated at the beginning of the breakdown.*

Rocío Millán Gómez<sup>1</sup>  
Lourdes Romero  
González<sup>1</sup>

Andre Jouve<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIEMAT

Instituto de Medio Ambiente  
Av. Complutense, 22  
28040 Madrid

<sup>2</sup>CEN-Cadarache

IPSN/SERE

Saint Paul lez Durance  
FRANCIA



## INTRODUCCIÓN

El accidente ocurrido en Chernobyl en abril de 1986 ha supuesto el mayor impacto al medio ambiente y a la población en la historia de la explotación de centrales nucleares. La nube radiactiva generada tras la explosión traspasó las fronteras de Ucrania, llegando a ser detectadas sus consecuencias en numerosos países. La repercusión internacional de este evento ha mostrado la necesidad de revisar y desarrollar metodologías eficaces para la recuperación de las zonas afectadas por contaminación radiactiva. En consecuencia, la comunidad científica internacional ha promovido proyectos de colaboración para el estudio de nuevas tecnologías.

El escenario postaccidental de Chernobyl constituye en la actualidad un laboratorio natural de radioecología, y ofrece la posibilidad de validación, aplicación o desarrollo de métodos de descontaminación. Este trabajo presenta los resultados obtenidos en la aplicación de una técnica de rehabilitación de suelos, consistente en la retirada de la vegetación y suelo asociado en el escenario postaccidental de Chernobyl.

## EL ACCIDENTE DE LA C.N. DE CHERNOBYL

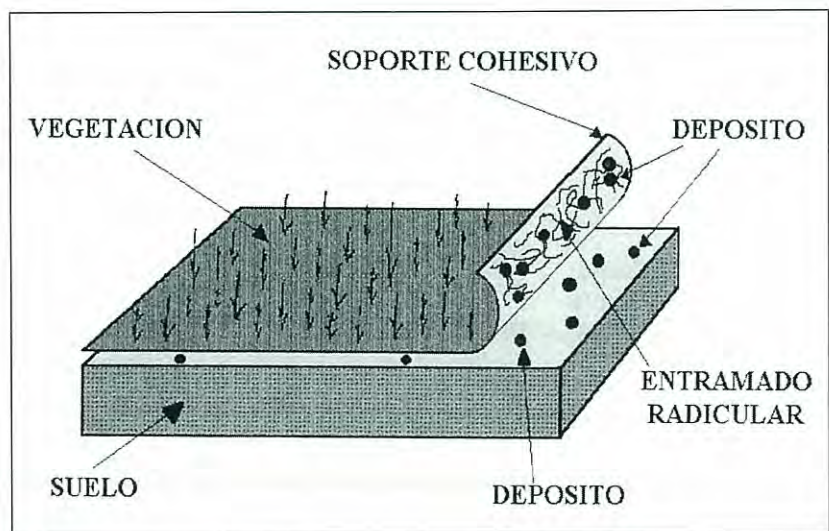
La central nuclear de Chernobyl, de tipo RBMK, está situada a 120 km al noroeste de Kiev, cerca de la frontera con Bielorrusia, a orillas del río Pripyat. El accidente se produjo en su unidad 4,

durante la realización de una prueba experimental. La liberación de gases y aerosoles radiactivos en los diez días siguientes al accidente fue continuada e intensa, contaminándose amplias zonas en distintas direcciones y a considerables distancias. El 6 de mayo se estimó que la liberación total de sustancias radiactivas (excluidos los gases nobles) era de aproximadamente 1,9 EBq, o sea, el 3,5% del inventario total de radionucleidos existentes en el reactor en el momento del accidente. La actividad estimada para los radionucleidos  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$  fue de 8,1 PBq, 270 PBq y 37 PBq, respectivamente. Se comprobó asimismo que muestras de  $\text{UO}_2$  habían sido oxidadas a  $\text{U}_3\text{O}_8$ . La distribución del combustible depositado en torno a Chernobyl fue la siguiente: En el emplazamiento entre el 0,3-0,5% del inventario del núcleo; de 0 a 20 km de distancia entre 1,5-2% y a más de 20 km entre el 1-1,5% (1,2).

Las primeras acciones realizadas para la rehabilitación del área afectada fueron: delimitación de zonas de exclusión; descontaminación de más de 600 centros de población; retirada y emplazamiento profundo de suelo contaminado; retirada de grandes masas de vegetación; talado de bosques y enterramiento de árboles; recubrimiento con grava, arena o tierra de sectores contaminados; adición de fijativos como asfaltos, resinas, etc.; restricciones en la actividad productiva; arado a diferentes profundidades; sacrificio de animales; confiscación de productos agropecuarios y abandono de prácticas agrícolas en grandes extensiones, etc. En algunas de las zonas se optó por no efectuar intervención alguna (3).

## METODOLOGÍA

La experiencia que se presenta en este trabajo fue realizada 6 años después del accidente, y se aplicó la técnica de retira-



**Figura 1.** Principio de la técnica de retirada de vegetación.



da de la vegetación o tapiz vegetal sobre zonas agrícolas abandonadas. Esta técnica se aplica sobre áreas con un tipo de vegetación de raíces densas y poco profundas (tipo pastizal). Consiste en retirar, mediante un cortacésped modificado, la vegetación junto con los primeros centímetros de suelo retenidos por el denso entramado radicular. La Figura 1 ilustra el fundamento en el que se basa la técnica, donde se observa cómo el entramado radicular sirve de soporte, favoreciendo la retirada no sólo de la cubierta vegetal, sino también de los centímetros superficiales de suelo contaminado adheridos a ella.

La aplicación de esta técnica como medida correctora es eficaz para reducir la contaminación depositada en los cultivos y la vegetación natural, y a su vez constituye una preparación del terreno como etapa previa a la aplicación de otra medida correctora. Menzel y James (4) tras la realización de trabajos experimentales comprobaron que la vegetación puede interceptar una media del 50% de la contaminación, dependiendo del tipo de vegetación, densidad, estado de crecimiento y forma de depósito de los contaminantes. Respecto a los radionucleidos cesio y estroncio, estudiados en este trabajo, se conoce que la proporción de estroncio soluble o intercambiable, es decir, biodisponible, es cercano al 90% tras varios años de su depósito. En el caso del cesio es fijado rápidamente por los elementos micáceos del suelo, con un valor medio del 75%, quedando sólo una pequeña fracción disponible para ser absorbida por la vegetación (5,6).

En años sucesivos a la contaminación, los radionucleidos son además incorporados a la planta vía radicular, lo cual supone la contaminación de los nuevos cultivos, por lo que la retirada de los mismos puede verse justificada. Este hecho está condicionado por la fracción de radionucleidos que estén de forma asimilable en la zona radicular (7), predominantemente en la fase acuosa del suelo. La concentración de estos elementos, al igual que otros nutrientes, en la solución del suelo está condicionada por el equilibrio suelo-fase líquida y superficie de intercambio, procesos de mineralización-inmovilización y el movimiento en el perfil del suelo.

La retirada de vegetación contaminada debe realizarse tan pronto como sea posible, pues su eficacia depende inversamente del tiempo transcurrido entre el depósito y su aplicación. Para su realización existe maquinaria agrícola y forestal utilizable que tan sólo requerirían de modificaciones para la protección de los trabajadores.

El cortacésped utilizado en esta experiencia efectúa cortes de 45 cm de ancho y de 4-5 cm de profundidad, en consecuencia, por cada parcela de 0,22 Ha (75mx30m), se producirían 90m<sup>3</sup> de residuo, necesitándose al menos 10 horas por parcela, teniendo en cuenta que la maquinaria puede retirar 5000 m<sup>2</sup>/día (0,5 Ha/día) (8).

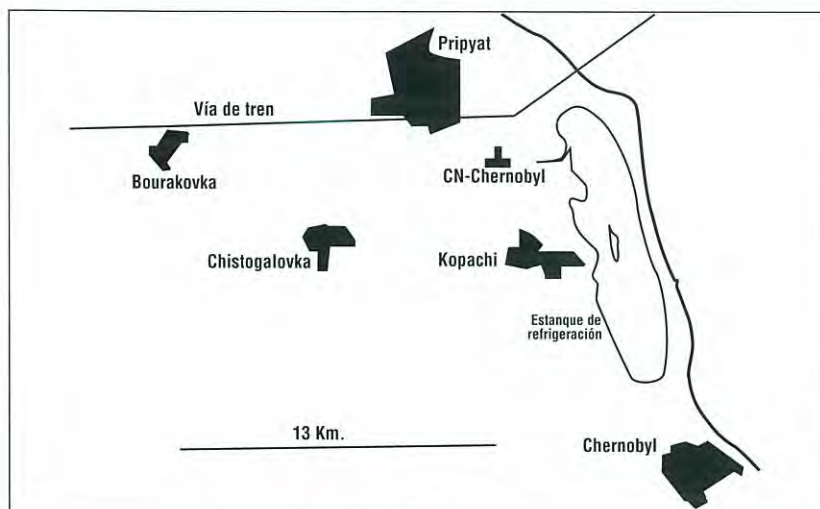
Estudios recientes de retirada de la vegetación, en campos agrícolas abandonados cercanos a la CN de Chernobyl,

han dado rendimientos de descontaminación del 95% (9,10).

## TRABAJO EXPERIMENTAL

La experiencia se realizó en colaboración con el equipo francés del CEA/IPSN-Cadarache, en los campos llamados Bourakovka y Chistogalovka, pertenecientes a la Academia de Ciencias de Ucrania, localizados a una distancia aproximada de 10 km del reactor accidentado de Chernobyl (Figura 2). Ambos se encuentran en la denominada traza oeste, considerada como la zona más contaminada y donde la radiactividad depositada tanto para el <sup>137</sup>Cs como para el <sup>90</sup>Sr fue de 3,7 MBq/m<sup>2</sup> o superior. De los campos de experimentación, el de Chistogalovka posee niveles de contaminación algo superiores al de Bourakovka. Esta zona tiene poco desnivel, situándose gran parte de ella sobre terrazas cuaternarias. El suelo corresponde al tipo podsol, de textura arenosa, pH ácido y con bajo contenido en nutrientes y baja capacidad de absorción.

Antes de ocurrir el accidente la zona estaba ocupada mayoritariamente por explotaciones agrícolas y forestales. Tras el mismo quedaron abandonados los campos de cultivo, siendo colonizados predominante por vegetación de tipo pastizal. Este tipo de vegetación es adecuada para su retirada mediante el prototipo empleado, ya que sus raíces forman un entramado denso que sirve de soporte cohesivo y se va formando una placa de césped de fácil manejo.



**Figura 2.** Situación de los campos experimentales de Chernobyl.

En primer lugar, y puesto que ya habían transcurrido 6 años desde el accidente, se realizó un estudio de migración para conocer la localización de los contaminantes en el perfil del suelo, dado que esta técnica afecta a la capa más superficial del suelo y así poder evaluar posteriormente la eficacia de esta técnica.

Para este estudio de migración fueron realizados dos sondeos en el campo experimental de Bourakovka, uno en la parcela de experimentación y otro en el bosque cercano, siendo este último un terreno inalterado desde el accidente. La recogida de las muestras de migración se hizo mediante una sonda compuesta por un cilindro metálico de 10 cm de diámetro y unos 50 cm de profundidad, en el interior de otro cilindro que era introducido a presión en el terreno. Una vez tomadas las muestras, los cilindros fueron sellados e inmovilizados para su transporte. El tratamiento de las muestras consistió en un primer paso en

desestimar el perímetro externo, para evitar la posible contaminación de las capas inferiores por el arrastre de los contaminantes al introducir el cilindro. Posteriormente, debido a la textura arenosa del suelo, fue complicada la obtención de secciones de 2 cm cada una

como estaba previsto, por lo que tras subdividir el cilindro, se hizo una aproximación para estimar a qué altura correspondía cada sección, dando las subdivisiones valores entre 1 y 3 cm, cercanos a los deseados.

Se obtuvieron 18 secciones para el campo experimental y 17 secciones para el bosque, mostrando los resultados que tras seis años de ocurrido el accidente, la mayor parte de los contaminantes permanecen en los diez primeros centímetros del suelo, por lo que la retirada de los mismos se traduce en un alto porcentaje de descontaminación (11,12). Este hecho parece justificar la eficacia de la técnica propuesta, por lo que se procedió a la retirada de la vegetación en los campos experimentales. Una vez realizado el corte de la vegetación y primeros centímetros de suelo, la retirada de las placas fue realizada a mano (Figura 3).



**Figura 3.** Placas de vegetación y suelo asociado retiradas (Foto: R. Millán, 1992).

	RADIONUCLEIDOS (ACTIVIDAD EN Bq/Kg $\pm 2\sigma$ )					
	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>60</sup> Co	<sup>106</sup> Ru	<sup>144</sup> Ce
5 cm Sup.	4.630 $\pm$ 41	65.589 $\pm$ 644	301 $\pm$ 14	178 $\pm$ 6	3.411 $\pm$ 82	3.301 $\pm$ 69
5 cm Inf.	135 $\pm$ 5	1.973 $\pm$ 41	14 $\pm$ 4	5 $\pm$ 2	108 $\pm$ 9	122 $\pm$ 8
Eficacia	97 $\pm$ 2	97 $\pm$ 3	96 $\pm$ 13	97 $\pm$ 7	97 $\pm$ 7	96 $\pm$ 6

**Tabla I.** Relación entre la actividad retirada y los 10 cm superiores de suelo (%  $\pm$  d.s.), en Bourakovka.

En ambos campos experimentales se tomaron muestras antes y después de efectuar la retirada de la vegetación, para poder realizar una evaluación de la eficacia de descontaminación. La recogida de la vegetación y suelo superficial, así como del suelo subyacente, fue realizada mediante muestreadores de 10x10 cm<sup>2</sup> de superficie y 5 cm de altura (500 cm<sup>3</sup> de volumen total). En el campo experimental de Chistogalovka, el número total de muestras recogido fue de 10 antes de retirar la vegetación y otras 10 muestras del suelo subyacente. En el caso del campo experimental de Bourakovka el número de muestras fue de 25 antes de la retirada de la vegetación y 10 tras la misma.

Las muestras recogidas fueron llevadas al CEN-Cadarache para su tratamiento y estudio. Los resultados obtenidos se incluyen en los apartados siguientes, presentándose en primer lugar los correspondientes a Bourakovka y posteriormente los de Chistogalovka.

### CAMPO EXPERIMENTAL DE BOURAKOVKA

El número de muestras analizadas y medidas mediante espectrometría gamma fue en este caso de 21, de las cuales 15 corresponden al terreno antes de la retirada de la vegetación, y 6 al suelo tras efectuar la misma. Las muestras medidas son una parte de la muestra total inicial, tras ser homogeneizada y secada en el laboratorio. La eficacia de la retirada de la vegetación en la parcela experimental se ha calculado mediante la relación de la parte retirada (5 cm superficiales), respecto a la actividad total en los primeros 10 cm, es decir, la suma de los 5 cm superiores retirados y los 5 cm de suelo subyacente recogidos posteriormente. Se ha considerado, tras el estudio previo del perfil de migración, que el máximo de actividad está en los primeros 10 cm principalmente, por ello se relaciona con dicha profundidad. Los resultados obtenidos en Bourakovka están incluidos en la Tabla I, expresándose la eficacia de descontaminación en porcentaje (% $\pm$ d.s.)

La eficacia de descontaminación, para los emisores gamma estudiados, es muy elevada, superando el valor del 95% en todos los radionucleidos. De este modo, si se acepta que la contaminación se encuentra localizada en los primeros 10 cm, la retirada de la vegetación y 5 cm superficiales de suelo suponen en la práctica una descontaminación de la zona afectada. Sin embargo, para poder asegurar que esa zona puede ser reutilizada habría que realizar un estudio más detallado, en el cual puede contemplarse la utilización de los modelos desarrollados para la evaluación de contramedidas, en los que se incluyen parámetros como: contaminación remanente, usos de la zona, dosis a la población, coste total de la realización del trabajo, entre otros.

### CAMPO EXPERIMENTAL DE CHISTOGALOVKA

El número de muestras analizadas fue de 12, correspondiendo 6 a antes de la retirada de la vegetación y suelo adherido, y las otras 6 a después de efectuada la técnica. Las muestras, al igual que en



el otro caso estudiado, corresponden a una parte de la muestra total, tras ser secada y preparada en el laboratorio. Para evaluar la eficacia de la técnica, se ha procedido de igual manera que para el caso del campo experimental de Bourakovka, es decir, la eficacia de la retirada de la vegetación en la parcela de Chistogalovka se ha expresado como la relación entre la fracción retirada (5 cm superiores) y el total de actividad presente en los primeros 10 cm (5 cm superficiales junto con los 5 cm subyacentes recogidos). El valor obtenido de esta relación se ha expresado en porcentaje ( $\% \pm d.s.$ ), estando los resultados incluidos en la Tabla II.

Para todos los radionucleidos presentados en la tabla II la actividad de la fracción retirada corresponde al 99% de la actividad total presente en los 10 cm superiores de suelo. Debido a que la mayor parte de los contaminantes se encuentran en esa capa superficial, la retirada de la vegetación y los primeros centímetros de suelo adheridos a la misma supone una importante desconta-

minación de la zona. Con respecto al otro campo experimental, tanto la contaminación de la fracción retirada como de la residual son superiores, así como la relación entre las dos.

En ambos campos experimentales estudiados la fracción retirada corresponde al rango 95-99% de la actividad total contenida en los primeros 10 cm de suelo, lo que demuestra la eficacia de la técnica. No obstante, para poder afirmar que la zona ha sido descontaminada hay que tener en cuenta la contaminación residual, es decir, la correspondiente a los 5 cm de suelo subyacente, que pasan a constituir la nueva capa superficial del suelo. Dependiendo de los niveles de contaminación residuales en el suelo, puede considerarse recuperada la zona o bien estudiar la posibilidad de repetir la técnica de nuevo o poner en práctica otra medida correctora.

#### ESTUDIO DE UNA PARTÍCULA CALIENTE

Durante la preparación de las muestras

para su medida por espectrometría gamma, se realizó un control de homogeneidad mediante un contador Geiger- $\beta\gamma$ ; en una de ellas, concretamente en una de las procedentes de Bourakovka, se detectó una actividad significativamente elevada en un punto concreto respecto al resto de la muestra. Considerando la zona de procedencia cercana a la central nuclear, se pensó en la posible existencia de una partícula caliente en el material recogido. Las partículas calientes (así denominadas por el término anglosajón "hot particles") se generan, en el caso de un accidente en una central nuclear, en el combustible del núcleo del reactor cuando se alcanzan temperaturas elevadas y posteriormente son liberadas y dispersadas aleatoriamente con el viento. Estas partículas son insolubles, y se caracterizan por una elevada actividad específica y su tamaño (0,5-150  $\mu\text{m}$ ), que aunque es mayor que las del resto de aerosol liberado, es lo suficientemente pequeño para que sean transportadas a una distancia significativa, lo cual aumenta el riesgo de inhalación de radionucleidos y, por tanto, la probabilidad de

	RADIONUCLEIDOS (ACTIVIDAD EN Bq/Kg $\pm 2\sigma$ )					
	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>60</sup> Co	<sup>106</sup> Ru	<sup>144</sup> Ce
5 cm Sup.	30.840 $\pm$ 440	443.740 $\pm$ 6.400	3.100 $\pm$ 120	1.120 $\pm$ 40	23.980 $\pm$ 580	32.080 $\pm$ 480
5 cm Inf.	352 $\pm$ 14	5.155 $\pm$ 85	25 $\pm$ 3	8 $\pm$ 1	225 $\pm$ 14	324 $\pm$ 14
Eficacia	99 $\pm$ 4	99 $\pm$ 4	99 $\pm$ 11	99 $\pm$ 10	99 $\pm$ 7	99 $\pm$ 4

**Tabla II.** Relación entre la actividad retirada y los 10 cm superiores de suelo ( $\% \pm d.s.$ ), en Chistogalovka.

RADIONUCLEIDOS (ACTIVIDAD EN Bq/Kg ± 2σ)						
<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>154</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>106</sup> Ru	<sup>144</sup> Ce
13.030 ± 460	1.108 ± 60	120 ± 30	200 ± 20	140 ± 20	970 ± 240	1.380 ± 150

**Tabla III.** Actividad de la partícula caliente, medida mediante espectrometría gamma.

contaminación interna de la población (13). Una vez depositadas, se incorporan a los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza pero con un comportamiento muy diferente al resto del material liberado. Es por tanto de especial interés el estudio de su comportamiento, no solamente para obtener una información más precisa de la distribución del depósito postaccidente, sino para obtener evaluaciones realistas de las dosis a la población.

Para realizar un estudio detallado de la posible partícula caliente se procedió a su aislamiento. La zona donde se detectó una mayor actividad fue separada y dividida en submuestras, separándose cada vez aquella que poseía la actividad más elevada, hasta llegar prácticamente al aislamiento físico de la partícula. Posteriormente se realizó su medida por espectrometría gamma, obteniéndose los valores expresados en la Tabla III.

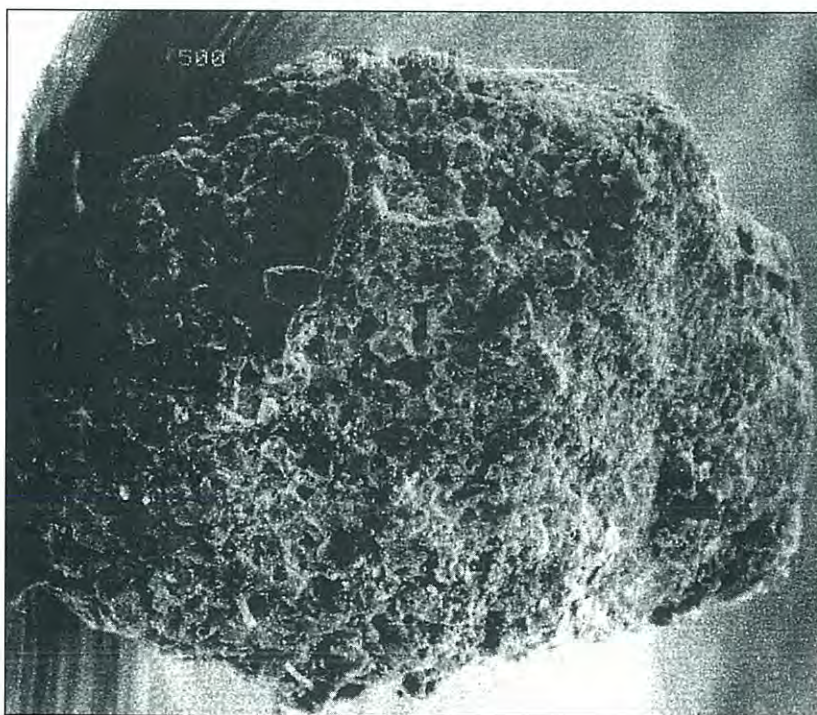
El análisis por microscopía electrónica de barrido (MEB) y rayos-X se realizó en los laboratorios del CEN-Cadarache. La partícula presenta una forma ligeramente alargada, con un diámetro máximo aproximado de 170 µm, de aspecto compacto e irregular, como si se tratara de un conglomerado de partículas más peque-

ñas (de 1 a 15 µm.), evocando dicha morfología a un material combustible irradiado, tal como puede apreciarse en la Figura 4.

El análisis cualitativo mediante rayos-X reveló la presencia de uranio como elemento mayoritario, detectándose también aluminio, silicio, hierro y cobre. Los resultados cuantitativos expresados en

porcentaje (%) son los siguientes: U (76,10%); Si (13,14%); Al (5,41%); Cu (3,82%) y Fe (1,52%).

Estudios precedentes sobre partículas calientes originadas en el accidente de la CN de Chernobyl (14,15) han dividido éstas en dos grandes grupos: 1) Partículas mono o bielementales, con un bajo contenido en uranio o sin presencia del



**Figura 4.** Aspecto de la partícula caliente procedente de Bourakovka.



mismo y dominadas por  $^{103-106}\text{Ru}$  o por  $^{140}\text{Ba}/^{140}\text{La}$ . 2) Fragmentos de combustible, constituidas fundamentalmente por óxido de uranio junto con otros elementos de fisión, más o menos volátiles, como por ejemplo:  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ , etc.

De los datos obtenidos se concluye que la partícula en estudio correspondería al segundo grupo; partículas de gran tamaño ( $>50\ \mu\text{m}$ ) y constituidas fundamentalmente por una matriz de óxido de uranio, es decir, combustible nuclear, en la que están asociados elementos de fisión. Comparando el tamaño de esta partícula con las estudiadas por Sandalls (15) y Tcherkezian (16), se observa que es mayor, hecho que concuerda con la zona de procedencia muy próxima al punto de liberación, donde la probabilidad de encontrar partículas calientes de gran tamaño aumenta.

El hecho de haber retirado este tipo de partículas conjuntamente con el tapiz vegetal tras 6 años del accidente confiere a esta técnica un valor añadido, ya que además de recuperar la zona para su uso por la población, se disminuye el riesgo potencial de contaminación interna, al eliminar las partículas de tamaño inhalable que pueden ser transportadas por distintos mecanismos.

## CONCLUSIONES

En los campos experimentales estudiados en Chernobyl, la migración tras seis años de haber ocurrido el accidente muestra que los radionucleidos cesio y

estroncio se encuentran principalmente dentro de los diez centímetros superficiales del suelo.

La técnica empleada en escenarios reales supone una descontaminación eficaz de la zona (superior al 90%), si bien es preciso considerar el impacto radiológico del nivel de contaminación residual.

Este método conlleva la retirada de partículas calientes depositadas, reduciendo los riesgos asociados a ellas. La aplicación en el escenario real de Chernobyl ha permitido el aislamiento y caracterización de una de ellas, correspondiendo a un fragmento de combustible de  $170\ \mu\text{m}$ , compuesta fundamentalmente por óxido de uranio y liberada en los primeros momentos de la explosión.

Frente a otras medidas correctoras empleadas en otros accidentes y con similar eficacia de descontaminación (i.e.: retirada de suelo y vegetación), el método desarrollado implica una reducción importante en la cantidad de residuo generado. Además, este método es menos agresivo pues parte de la capa fértil del suelo permanece.

Esta técnica está considerada para su aplicación en terrenos inalterados desde el accidente, ya sean campos agrícolas sin arar tras la contaminación, o abandonados. Sin embargo, en zonas en las que no exista vegetación adecuada, ésta puede ser sembrada (mediante selección de semillas) o bien pueden utilizarse tepes.

Por último, teniendo en cuenta la dimensión de la maquinaria utilizada, ésta es óptima para jardines públicos y privados, campos de deportes, pequeñas zonas verdes, etc., siendo necesario el desarrollo de un equipamiento mayor para su adaptación a grandes terrenos, y la descontaminación a gran escala.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado dentro de un contrato financiado por la UE. Los autores agradecen la colaboración prestada por el equipo del CEN-Cadarache (Francia) y de la Academia de Ciencias (Ucrania).

## BIBLIOGRAFÍA

1. IAEA (1987) "Informe resumido sobre la reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobyl". Colección Seguridad Nº 75-INSAG-1, 116 pp.
2. Warner F., Harrison R.M. (1993) "Radioecology after Chernobyl. Biogeochemical pathways of artificial radionuclides". Scope 50 (ISBN 0 471 93168 3).
3. IAEA (1989) "Clean-up of large areas contaminated as a result of a nuclear accident". Technical Reports Series Nº 300, 135 pp.
4. Menzel R.G., James P.E. (1971) "Treatments for farmland contaminated with radioactive material". Agricultural Reserve Service USDoAgric-1971. Agriculture Handbook Nº 395.

5. Coughtry P.J., Thorne M.C. (1983) "Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems. A critical review of data". Vol.1.
6. Vidal M. (1993) "Estudi del comportament de radionuclids en sols mitjançant extraccions seqüencials". Tesis Doctoral de la Universidad de Barcelona.
7. Segal M.G. (1993) "Agricultural countermeasures following deposition of radioactivity after nuclear accident". The Science of the Total Environment 137, pp. 31-48.
8. Millán R. (1995) "Metodologías aplicables para la recuperación de áreas en situación postaccidente nuclear". Tesis Doctoral de la Universidad Autónoma de Madrid. (Facultad de Ciencias, Sección Química).
9. Maubert H., Jouve A., Mary N., Millán R. (1992) "Agricultural soils decontamination techniques; methods and results of tests realised near Chernobyl". Int.Symp. SFRP-FS Impact des installations nucléaires sur l'environnement, Fribourg (Suiza).
10. Millán R., Díaz F.J., Romero L. (1993) "Recuperación de zonas agrícolas tras accidente nuclear y tratamiento del residuo generado". En: Resúmenes del II Congreso Internacional de suelos contaminados. pp. 259-263.
11. Assimakopoulos P.A., Ioannides K.G., Karamanis D.T., Pakou A.A., Stamoulis K.C. (1992) "Radiocaesium aging in surface soils" Ponencia en "International Symposium on Radioecology: Chemical Speciation and Hot Particles". IUR-SCsR. Znojmo, 1992.
12. Kliashtorin A.L., Shcheglov A.I., Tikhomirov F.A. (1995) "Chemical forms of  $\gamma$ -emitting radionuclides in soils adjacent to the Chernobyl NPP". The Science of the Total Environment, Vol. 164, pp. 177-184.
13. Burkart W. (1989) "Radiation Biology of the lung". The Science of the Total Environment, Vol.89 (1), pp. 1-230.
14. Kerekes A., Falk R., Suomela J. (1991) "Analysis of hot particles collected in Sweden after the Chernobyl accident". SSI-Rapport-91-02. Swedish Radiation Protection Institute. (ISSN 0282-4434) 25 pp.
15. Sandalls F.J., Segal M.G., Victorova N. (1993) "Hot particles from Chernobyl: A review". Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 18, pp. 5-22.
16. Tcherkezian V., Shkinev V., Khitrov L., Kolesov G. (1994) "Experimental approach to Chernobyl hot particles". Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 22, pp. 127-139.



# CULTURA DE SEGURIDAD EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA\*

**S** e puede definir la cultura de protección radiológica como el conjunto de normas técnicas y sociales aplicadas en la gestión de la explotación de una instalación nuclear en relación con la reducción de la exposición de los trabajadores y miembros del público, junto con los comportamientos y actitudes de los individuos de la organización hacia ese objetivo.

Puesto que los principios básicos de protección radiológica tienen una justificación y lógica aplastantes y axiomáticas y la tesis mantenida en el artículo es que todavía no existe en las organizaciones una cultura eficaz de protección radiológica, se debe concluir que lo que falla en el sistema son los comportamientos y actitudes de los individuos.

Eduardo Sollet  
IBERDROLA  
Generación Nuclear

**En este artículo se presentan algunos factores y elementos necesarios para motivar a todos los individuos de la organización hacia la creación de una cultura de protección radiológica.**

---

\* Por su destacado interés, publicamos este trabajo que, como ponencia, formó parte del Simposio sobre Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares, celebrado en el ámbito del Congreso Internacional de Protección Radiológica IRPA 9 (Viena, 14-19 de abril de 1996).



***It can be defined radiation protection culture as the set of technical and social standards applied to the management of the operation of a nuclear facility concerning the reduction of the exposure to radiation of workers and members of the public, together with the behavior and attitudes of the individuals from the organization towards that objective.***

***Because the basic principles of radiation protection are self-evident and are totally justified, and the thesis drawn from the article is that no effective radiation protection culture yet exists within the organization, it must be concluded that what is wrong from the system are the attitudes and behavior of the individuals.***

***In this article some factors and elements needed to motivate all persons within the organization towards the creation of a radiation protection culture are delineated and presented.***

El término de cultura de seguridad empezó a acuñarse después del accidente de Chernobyl y en sus cortos 10 años de vida ha dado lugar a una ingente producción de textos, procedimientos y planes que en muchos casos se han materializado en actuaciones concretas y objetivos específicos aplicados en las instalaciones nucleares con el objetivo de reforzar y consolidar la seguridad nuclear.

En el área de protección radiológica un esfuerzo parejo ha sido llevado a cabo en los esfuerzos de implantación del criterio de optimización o criterio ALARA en las instalaciones nucleares, esfuerzos que se han materializado en una reducción sensible de las dosis colectivas asociadas con la operación de las centrales nucleares en todo el mundo.

Estos programas para diseñar la protección radiológica en base al criterio de optimización y aplicar conceptos de eficacia, costes, beneficio, racionalización, etc., deben ser el germen que permitan en base a ellos, crear una eficaz cultura global de protección radiológica dentro de toda la organización y que, a su vez, logre que la protección radiológica trascienda el marco básico de actuación en la instalación y se difunda por otros estamentos de la organización hasta alcanzar el nivel más alto de dirección y sus objetivos sean equiparables a los económicos o de producción.

#### **GENERAL**

La protección radiológica tiene por objeto evitar los efectos perjudiciales a la

salud provocados por la exposición de los individuos a las radiaciones ionizantes sin limitar los efectos beneficiosos que la práctica, que da lugar a tales exposiciones, proporciona a los individuos y a la sociedad.

El marco conceptual de la protección radiológica está definido en las recomendaciones de la Comisión Internacional de la Protección Radiológica (ICRP) que se desarrolla en la base reguladora de la legislación de cada país, la cual se nutre de las Directivas de la UE en el caso de los países de la Unión Europea y de las publicaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Viena.

El modelo de la protección radiológica de las instalaciones nucleares se basa en



los principios fundamentales de seguridad y protección enunciados por el INSAG y por el ICRP que se detallan a continuación:

- Refuerzo de la "Cultura de Seguridad" para potenciar las actitudes y comportamientos de los individuos y de la organización.
- La seguridad nuclear de la instalación, la protección radiológica de los trabajadores y del público y la preservación del medio ambiente son principios fundamentales del funcionamiento de la instalación.
- Toda actividad que implique una exposición a las radiaciones ionizantes debe proporcionar a la sociedad y a los individuos expuestos un beneficio que compense el potencial detrimento a la salud causado por tal exposición.
- Las instalaciones y las fuentes de radiación en ellas contenidas están debidamente dotadas de las adecuadas medidas de seguridad y protección.
- El diseño de las instalaciones y sus procedimientos de operación están de acuerdo con los principios de defensa en profundidad para compensar posibles fallos en los dispositivos de seguridad y prevención.
- La seguridad de la instalación y la protección de los trabajadores y del

público se encuentra reforzada por la máxima calidad en la ingeniería y en la gestión de la explotación.

- El principio que gobierna las actuaciones de intervención en caso de emergencia es que éstas deberán estar justificadas.

Estos principios fundamentales han sido posteriormente formulados por el OIEA juntamente con la FAO, OIT, NEA-OCDE, OSPA y la OMS en una publicación Safety Fundamentals de la colección Safety Series con el número 120 de 1996, en dos objetivos específicos de protección y seguridad radiológicas y en 11 principios básicos que se derivan de estos dos objetivos que aplican a prácticas e intervenciones y que se enuncian a continuación.

#### • **Objetivo de Protección**

Prevenir la aparición de efectos deterministas en los individuos expuestos manteniendo las dosis por debajo de los umbrales relevantes y asegurando que se toman las medidas razonables para reducir la aparición de efectos estocásticos en la población actual y futura.

#### • **Objetivo de Seguridad**

Proteger a los individuos, sociedad y medio ambiente de situaciones de daño estableciendo y manteniendo defensas efectivas contra los riesgos radiológicos de las fuentes de radiación.

El sistema de protección radiológica para las prácticas se basa en 4 principios:

- Justificación de prácticas.
- Límites de dosis.
- Optimización de la protección.
- Prevención y mitigación.

Las intervenciones están gobernadas por dos principios básicos:

- Justificación de la intervención.
- Optimización de la intervención.

Se formulan tres principios de implantación de los anteriores referentes a:

- Emplazamientos de fuentes.
- Diseño y construcción.
- Operación y manipulación de fuentes.

Finalmente se detallan dos principios relacionados con la organización y gestión de la protección y seguridad radiológicas:

- Marco legal.
- Responsabilidades.

Toda esta relación de principios fundamentales de protección radiológica no son nuevos, han sido formulados en su actual o parecida redacción hace ya

varios años, son de todos conocidos, aparecen en todas las publicaciones de la materia y forman parte de los manuales y procedimientos de funcionamiento de las instalaciones; son, en su mayor parte, conocidos por los trabajadores pero, y esto es lo paradójico, no han devenido aún en la creación de una cultura de protección radiológica de las organizaciones que los ejecutan o desarrollan.

Con bastantes menos años en el candelerero, la "cultura de seguridad nuclear" ha conseguido crear o está consiguiendo crear un tejido cultural eficaz en las organizaciones y en los individuos para el refuerzo y mejora continua en la seguridad. Sin duda que a ello ha contribuido una cierta novedad en las formulaciones y un no querer quedarse atrás de los demás. Sean cuales sean las razones del éxito de la implantación de la cultura de seguridad nuclear, el hecho es que ello debe servir para seguir su ejemplo y que esa cultura de seguridad se amplíe también con los conceptos de protección radiológica, de tal forma que ambos sean indistinguibles o al menos para que la organización desarrolle de forma permanente vías de mejora continua de la protección radiológica.

### **CULTURA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

Sin pretender definir qué es cultura, sí es cierto que existen algunos caracteres comunes a cualquier definición de ella y

que en esencia son: Conjunto de principios, valores y creencias compartidos por todos los miembros de una organización, así como normas y expectativas que influyen en el comportamiento y las actitudes de los miembros de dicha organización.

Aplicados a la protección radiológica, la cultura de protección radiológica podría entonces definirse como el conjunto de normas técnicas y sociales, así como comportamientos y actitudes de los individuos relacionadas con la reducción de la exposición de los trabajadores y miembros del público a las radiaciones ionizantes.

Elemento diferenciado de esta definición respecto de otras formulaciones globales de protección radiológica y que le da el carácter cultural, es el que incluye las actitudes y comportamientos de los individuos.

Si esta definición es correcta y la tesis inicial de que no existe una eficaz cultura de protección radiológica también lo es, hay que concluir que, o bien los principios básicos no son compartidos por todos los escalones de la organización, lo cual no es creíble puesto que dichos principios son de una evidencia axiomática, o bien que el comportamiento y las actitudes de los individuos de la organización no son proactivas en el sentido de la protección radiológica.

¿Cuáles son, por tanto, los factores que pueden influir en el comportamiento de los individuos hacia la protección

radiológica?. Sin temor a equivocaciones y sin ser exclusivos, los siguientes factores influyen en dichos comportamientos.

- La percepción del riesgo.
- La actitud hacia el trabajo.
- La dinámica del trabajo en grupo.
- La actitud hacia la tecnología.
- La actitud hacia la organización, jerarquía, liderazgo, procedimientos y hábitos de trabajo.
- Motivaciones personales y expectativas de mejora.

Pasemos brevemente a analizar estos factores en conjunto con otros elementos condicionantes hacia la protección radiológica para concretar todo aquello necesario para crear una cultura de protección radiológica.

### **ASPECTOS REGULADORES**

En casi todos los países, a la vez que se desarrollaba la cultura de seguridad, se iba concretando la aplicación práctica del principio de optimización de la protección radiológica (ALARA) dentro de las organizaciones. El motor impulsor de la aplicación del principio de optimización no ha sido uniforme en todos los países y organizaciones; unas veces han sido los organismos reguladores y otras veces ha sido la propia organización.



En países con regulación muy prescriptiva, esta iniciativa ha correspondido la mayor parte de las veces a los reguladores, pero su aceptación e implantación ha sido llevada a cabo más por la vía de la imposición que por el propio convencimiento de su necesidad y, en conjunto, el proceso está siendo laborioso y largo y a ello puede estar influyendo la falta de flexibilidad de los modelos reguladores para ser aplicados a todas las circunstancias. No parece existir un único patrón válido de implantación para todas las organizaciones.

En cualquier caso, lo relevante del hecho citado es que se deben aprovechar todos los esfuerzos realizados y en vías de ejecución y enmarcarlos en una consideración de índole más global de protección radiológica, en el que por supuesto la optimización sea el criterio actual más importante pero que no excluya las actitudes y comportamientos de los individuos.

En otros países con regulación menos prescriptiva y más basada en objetivos, la aplicación del criterio de optimización está permitiendo a las empresas la flexibilidad necesaria para utilizar sus elementos culturales específicos y crear una eficaz "cultura ALARA" en la organización, con lo que se consigue una plataforma mejor para, a partir de ahí, extender los objetivos logrados a la creación de una verdadera cultura de protección radiológica.

## FORMULACIONES ESTRATÉGICAS

Un primer paso para asegurar éxito en la cultura de protección radiológica es

extender el campo de actuación de ésta. La protección radiológica no sólo debe circunscribirse al marco de la central nuclear, debe trascenderla y actuar también en el nivel más alto de decisión de la empresa.

El escenario actual en el que se desenvuelve la actividad nuclear hace cada vez más exigente la operación segura de las centrales nucleares y la protección radiológica de los trabajadores, población en general y medio ambiente. El compromiso hacia los trabajadores y hacia la sociedad de los titulares de las instalaciones nucleares, basado en valores esenciales y en los atributos de la calidad de gestión, obliga a un comportamiento profesional muy definido que garantice la responsabilidad de los profesionales frente a la sociedad, de tal manera que la seguridad nuclear y la protección radiológica se perfeccionen de forma continua y al mismo tiempo se participen a la sociedad, a cuyo servicio deben quedar subordinadas. De este modo, la protección radiológica se convierte en una exigencia de las líneas estratégicas y de la política de empresa, en su afán de modernización y mejora constante de la gestión.

Elemento clave para iniciar, implantar y mantener una cultura de protección radiológica, es el máximo órgano de representación y decisión de la empresa, que llamaremos Dirección General, pues en ella recae la competencia de la asignación de recursos y es la definidora de la cultura de toda la organización.

La Dirección General debe incluir tam-

bién en sus formulaciones estratégicas, formar parte de su cultura de empresa y asumir como principio fundamental, el objetivo permanente de la protección de la salud de sus trabajadores, la prevención de accidentes y enfermedades profesionales y la protección del medio ambiente. Esta continua preocupación enfocada a las actividades nucleares se debe materializar en una atención por la mejora constante de la protección radiológica de las instalaciones nucleares.

Estos compromisos corporativos deben materializarse en objetivos claramente definidos, ser pocos, fácilmente identificables, conocidos por todos los individuos de la organización y con la asignación de recursos necesarios para su cumplimiento. En definitiva, la protección radiológica pasa a formar parte también de los elementos de gestión y decisión de la Dirección General.

Estos principios estratégicos y compromisos corporativos deben contemplar las siguientes consideraciones:

- Factores económicos y sociales que afectan a la protección de los trabajadores y del público, puesto que el objetivo de la protección radiológica es proporcionar un nivel adecuado de protección, sin limitar los beneficios que proporcionan a la sociedad las instalaciones nucleares y sin olvidar la dimensión social que tienen.
- Integrar criterios de protección radiológica en los objetivos generales de producción, calidad y mejora continua

a través de una gestión de la protección radiológica basada en predicciones u objetivos, medida de resultados de funcionamiento y análisis de experiencias. Estos objetivos han de ser susceptibles de ser medidos mediante el establecimiento de indicadores que deben reflejar los resultados de las políticas empresariales.

- Esta integración de elementos de protección radiológica en el nivel más alto de la organización no tiene que significar una modificación de las estructuras organizativas existentes sino que debe integrarse en ellas de forma natural. Ello exigirá como máximo que la Dirección General se dote, si no lo tiene ya, de un asesor en materia de protección radiológica para mantener una información constante y actualizada de la consecución de los objetivos y un seguimiento de actividades.

### **POLÍTICA DE LA DIRECCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y RESPONSABILIDADES DE LA ORGANIZACIÓN**

El segundo escalón de compromiso hacia la cultura de protección radiológica es el de la dirección de la instalación.

La Dirección de la instalación debe ser la promotora de las iniciativas conducentes a la creación de un tejido de protección radiológica entre todos los trabajadores. El principio de que el principal beneficiario y responsable de la protección radiológica es el propio trabajador

debe dejar de ser una máxima y convertirse en una realidad.

Está demostrado que la operación de una central nuclear con una dosis colectiva pequeña tiene mejores indicadores de funcionamiento y es más económica y segura que la de otra con igual potencia y con más dosis. La dosis es ya un índice más de la calidad de la operación de una instalación. Menor dosis mayor calidad.

Menos dosis significa menos tiempo en zonas de radiación, mayor fiabilidad de equipos, mayor disponibilidad del personal, menos costes de mantenimiento, mayor tiempo dedicado a formación y entrenamiento y mayor disponibilidad del personal y probablemente menor duración de las recargas y por tanto mayores beneficios económicos.

Por consiguiente, a nivel de central, la dirección de la instalación es la principal impulsora y entusiasta de la cultura de protección radiológica, lo define en sus objetivos de operación, asigna los recursos necesarios para su consecución e involucra a los demás niveles de la organización y lo lleva a la práctica. Así por ejemplo, el uso de herramientas de análisis de coste-beneficio le puede permitir decidir una bajada de potencia transitoria para la realización de una intervención urgente de mantenimiento en operación.

Existen diversas formas de involucrar a los otros niveles de la organización. Una de las más efectivas es asociar objetivos específicos a la dosis. La dosis se con-

vierte también en un objetivo adicional de cada departamento.

Cada departamento tiene un cupo máximo anual que debe ser gestionado con eficacia y del que se debe dar cuenta de su gestión a la Dirección, al igual que se realiza con el presupuesto.

De esta forma no sólo el servicio de protección radiológica (SPR) de la instalación es responsable de ella, sino que por el contrario esta responsabilidad está distribuida por toda la organización de explotación. Se logra con esto permear de forma natural los principios de protección radiológica por toda la instalación, integrar en la organización existente y en los procedimientos de operación y mantenimiento criterios de protección radiológica y potenciar la creación de grupos interdisciplinares para la programación, planificación, ejecución y revisión de trabajos, etc.

A este proceso de cambio tampoco puede ser ajeno el SPR de la instalación. Si los principales actores de la protección radiológica son los trabajadores, hay que facilitar la actuación de estos. Lo que se ha dado en llamar servicio orientado al cliente, debe ser el objetivo del SPR y participar de forma activa para facilitar el trabajo de otros en todas las fases y actividades de la planta que tengan como elemento común la dosis de los trabajadores.

Se debe abandonar esa actitud tan conocida de actuar como policía dentro de la zona controlada y reconvertirse a



labores de vigilancia, asesoría y apoyo a los trabajos y así mismo abandonar el concepto burocrático de pasar por ventanilla para que el SPR autorice el trabajo en curso.

El permiso de trabajo con radiaciones (PTR) debe dejar de ser un permiso e integrarse en la orden de trabajo para facilitar las medidas de protección radiológica. El SPR debe facilitar también a los servicios ejecutores toda la información radiológica de la planta para que estos puedan planificar con antelación sus trabajos y lograr una gestión más óptima del personal a su cargo. El uso de bases de datos radiológicas y dosimétricas a disposición de todo el personal y la existencia a la entrada de la zona controlada de mímicos actualizados en tiempo real, con la información radiológica de locales ayudará a que los capataces, si están bien formados, puedan gestionar su protección radiológica y la del personal a su cargo.

### **ACTITUD DEL TRABAJADOR**

Si a través de la forma de actuar de los organismos reguladores, la política corporativa y el modo de gestión de la instalación consiguen integrar de forma natural los criterios de protección radiológica en la gestión de las instalaciones nucleares, entendida ésta en su sentido más amplio, para que la cultura de protección radiológica sea un hecho efectivo, sólo quedaría conseguir la participación del trabajador. Se convierte así el trabajador en el elemento

fundamental del tejido cultural de protección radiológica que se quiere implantar. Si el trabajador no participa de forma activa en todo este proceso el fracaso está asegurado. Por tanto hay que actuar sobre los comportamientos y actitudes de los trabajadores para que ellos sean en definitiva los ejecutores de la política de la empresa en protección radiológica y estén completamente integrados en sus formulaciones y en sus desarrollos.

Sin embargo, la participación de los trabajadores es un proceso complejo, aún en estudio, en el que intervienen diferentes factores de distinta índole como por ejemplo, económicos, culturales, sociales, técnicos, relaciones interpersonales, etc.

No se pretende por tanto establecer la receta universal de acciones que darían lugar a la participación activa de los trabajadores en la creación y desarrollo del proceso cultural que se pretende, sin embargo la siguiente lista de condiciones y prerequisites debe formar parte de las actuaciones de la dirección para involucrar a los trabajadores:

#### **Percepción del Riesgo y Actitud hacia la Tecnología**

La no tangibilidad del riesgo de las radiaciones ionizantes, hasta el propio nombre asignado a sus riesgos específicos, estocásticos y deterministas, la presión social que tiende a magnificar dichos

riesgos, el desconocimiento de la tecnología, la existencia, tal vez, de algún tipo de rechazo inconsciente a la misma, etc., puede haber conducido a que los trabajadores no lleguen a entender las razones de las normas de protección radiológica y, por tanto, no participen en su definición, y en cambio sean aceptadas como algo que hay que hacer sin saber muy bien por qué. Parece obvio entonces que la formación inicial y los reentrenamientos deben seguir haciendo hincapié en estos conceptos básicos y explicar los riesgos de las radiaciones ionizantes de una forma clara y sin ambigüedades y en perspectiva con otros riesgos más fácilmente reconocibles. Toda la experiencia positiva lograda de la prevención de riesgos profesionales debe ponerse al servicio de la protección radiológica e incluir los riesgos radiológicos en una gestión más global de los riesgos profesionales, puesto que la acción de la protección radiológica no es exclusiva de sus técnicos sino que exige la participación de todos los implicados en la actividad nuclear y se extiende, con igual importancia, por todos los escalones de la organización.

#### **Comportamiento de los Órganos de Dirección**

Para involucrar a los trabajadores en la cultura de protección radiológica, éstos deben ver en los órganos de dirección a los principales convencidos de la bondad y necesidad de esta política. La existencia de Comités al más alto nivel, donde se tratan rutinariamente los temas de protección radiológica, la presencia frecuente de los jefes de departamento en

zonas de radiación verificando y preocupándose de la conducta de los trabajadores y del desarrollo de los trabajos y la equiparación de los asuntos de protección radiológica con los objetivos de seguridad, económicos y de operación, etc., deben ser actuaciones que traigan como consecuencia la mejora de la participación de los trabajadores en la protección radiológica.

### Educación y Entrenamiento

Ya se han mencionado anteriormente algunos aspectos del entrenamiento de los trabajadores. Se deben olvidar las recetas no justificadas y concentrar la formación en filosofías generales de protección y buenas prácticas de protección radiológica para la protección personal y de los demás. El aprendizaje de las normas de conducta en zonas de radiación y la realización con alta calidad de los trabajos deben ser el resultado lógico de la asimilación del entrenamiento.

### Participación del Trabajador en la Dirección

La realización de work-outs y grupos de mejora, que integran la participación activa de los trabajadores, en los que se proponen nuevas líneas de actuación, que una vez aprobadas son fuertemente soportadas por la dirección, debería ayudar a conseguir que la involucración de los trabajadores en el desarrollo de la protección radiológica fuera un hecho efectivo. El ver como estas iniciativas tienen cabida cada vez con mayor importancia en los planes anuales de las unidades

favorecerá una contribución más activa de los trabajadores en la implantación de la cultura de protección radiológica.

### Información y Comunicación

La participación regular a todos los trabajadores del seguimiento de los objetivos de protección radiológica, de una forma bien visible y manifiesta, la elaboración de hojas informativas, posters, campañas de mentalización y la pronta respuesta de la dirección a las sugerencias de los trabajadores hará que la información y la comunicación fluya desde la dirección a los trabajadores y desde éstos hacia aquella, y que todo ello contribuya a favorecer la motivación y apoyo de los trabajadores en la consolidación de la cultura de protección radiológica.

### CONCLUSIONES

Se pueden formular las siguientes conclusiones que pueden servir a modo de reflexión para los responsables de implantar una eficaz cultura de protección radiológica.

- Un ejercicio de autocrítica realista y abierto por parte de la organización que analizará el peso específico y rango de la protección radiológica en las estructuras de la Empresa, así como la implicación real de la Dirección en la cultura de protección radiológica, sobre la base de extender dicha disciplina mas allá del estricto ámbito de las Plantas, debería realizarse para definir el punto de partida hacia la cultura de protección radiológica.
- La experiencia de la gestión de los riesgos profesionales debe servir de referencia para incorporar los riesgos radiológicos en una gestión global de riesgos en las instalaciones nucleares.
- Se debe profundizar en generar información transparente de la operación y riesgos de las instalaciones nucleares, tanto hacia los trabajadores como hacia la sociedad, para conseguir de los primeros, a través de su comportamiento, una reducción de las dosis y de la segunda una aceptación de esta tecnología. La imagen de la empresa hacia el exterior debe potenciarse con el logro de objetivos cada vez mas exigentes en protección radiológica.
- Tanto la actuación de los organismos reguladores como la de la propia organización en el área de protección radiológica debe ir progresivamente hacia objetivos de funcionamiento con criterios de racionalidad en costes, y manejando conceptos tales como beneficios, economía, cliente, etc.
- Se deben implantar programas y técnicas de motivación y participación de los trabajadores en todas las actuaciones de mejora de la protección radiológica hasta conseguir que los temas radiológicos sean, de forma natural, parte del trabajo rutinario.



# GESTION DE EMERGENCIAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

**E**

*n el presente artículo se intenta abordar de manera muy resumida y desde el punto de vista operativo, la gestión de las emergencias radiológicas que se pueden producir en este tipo de instalaciones y que de alguna manera pueden trascender fuera de lo que es la propia zona de ubicación. Para este tema y dada la carencia de normativa específica, se recurrirá a experiencias análogas existentes en el campo de la Seguridad Nuclear así como de la Protección Civil.*

*Respecto de las emergencias dentro de las propias instalaciones, cada una de ellas en su proceso de autorización administrativa, incluye la documentación que trata pormenorizadamente éstas, por lo que nos remitimos a esas documentaciones para tratamiento de las mismas.*

*The present paper intends to address in summarized and operative form, the management of radiological emergencies which may arise in such installations and wich may transcend the actual site of the installations. To this purpose, and in view of the lack of specific regulations, we shall revert to similar experiences from the field of Nuclear Safety and Civil Protection.*

*As regards emergencies within the proper installations, the specific application documents contain a detailed description thereof; the reader is referred to those documents.*

J. Cañizares, P. Gras,  
M. Guasp, J. Félix.  
S.P.R. del Hospital  
Universitario La Fe -S.V.S.  
Avda.de Campanar nº 21,  
46009 Valencia.



## MAPAS DE RIESGO

Para determinar la planificación de la actuación frente a cualquier tipo de riesgo, una de las primeras cuestiones a considerar es la realización de lo que se denomina "Mapa de Riesgo (MR.)", este documento entre otras informaciones, nos detallará la localización geográfica de las instalaciones, el inventario y la naturaleza de sus focos productores de riesgo. Estos focos de riesgo serán fruto del propio equipamiento de la instalación radiactiva, pero además se verán influenciados por la concurrencia de factores externos, que pueden aumentar la probabilidad de aparición de accidentes o agravar las consecuencias de los mismos, tal y como es el caso de la sismografía de la zona, la inundabilidad, los incendios, derrumbamientos, otros riesgos industriales, estratégicos o derivados del tráfico, etc., cualquiera de estas circunstancias especiales, deberá de contemplarse en la información que contenga el MR.

Cuando hablamos de instalaciones radiactivas, abarcamos cualquiera que posea un foco emisor de radiaciones ionizantes (RI.), es decir fuentes o aparatos productores de este tipo de radiaciones. Desde el punto de vista de las emergencias radiológicas con consecuencias posibles "externas" a la propia instalación, los aparatos productores de radiaciones ionizantes, tienen una probabilidad muy baja de generar este tipo de accidentes ya que el corte del suministro eléctrico, cuya probabilidad resultara ser directamente proporcional a la magnitud del siniestro, automáticamente detendrá la emisión de radiaciones ionizantes.

Otra cuestión diferente son aquellas instalaciones que utilizan isótopos radiactivos encapsulados o no encapsulados, el riesgo intrínseco y de mayor peso de estas instalaciones estará relacionado entre otras cuestiones físico-químicas con las actividades almacenadas-utilizadas, tipos de emisiones, períodos de semidesintegración, períodos biológicos, radiotoxicidad y toxicidad convencional.

En este caso y ante situaciones de accidente (incluidas las catastróficas), puede producirse con probabilidad no despreciable y ligada proporcionalmente a la magnitud del evento, la liberación de material radiactivo al medio circundante a la propia instalación, este supuesto estará relacionado de manera más notoria al uso de fuentes no encapsuladas. En general, las fuentes encapsuladas tienen actividades grandes y las no encapsuladas actividades pequeñas, por lo que en este último caso, de producirse un accidente severo, las consecuencias quedarían

reducidas a un pequeño impacto ambiental. Así mismo hay que considerar que las fuentes encapsuladas, precisamente por poseer actividades superiores, disponen de contenciones que sólo se verán significativamente afectadas cuando el accidente adquiriera una magnitud importante.

Si analizamos de manera *aproximada* los datos básicos que se contemplarán en un MR. de la Comunidad Autónoma de Valencia, destacaríamos el número de instalaciones radiactivas de todo tipo que asciende aproximadamente a un centenar, de las cuales un 70% están en la provincia de Valencia, repartidas en una veintena de municipios, un 20% en la provincia de Alicante, en ocho municipios y un 10% en la provincia de Castellón en tres municipios. Más del 75% de estas instalaciones se encuentran emplazadas en los términos de las capitales de provincia (periferia industrial), coincidiendo con las zonas de mayor densidad de población.

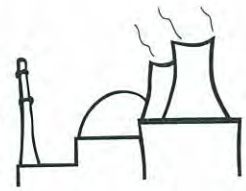
**TABLA 1**  
**DISTRIBUCION PROVINCIAL DE II.RR. QUE USAN**  
**ISOTOPOS RADIATIVOS**

Provincia	% II.RR.	% F.N.E.	% F.E.
Alicante	10	25	75
Castellón	10	50	50
Valencia	40	37	63

F.N.E. Fuentes no encapsuladas

F.E. Fuentes encapsuladas

NOTA: El tipo de uso industrial, establece en general el tipo de confinamiento de la fuente.



En el caso de la provincia de Valencia y coincidiendo además con dos importantes núcleos industriales, el de Sagunto y Onteniente, se da una importante implantación de este tipo de instalaciones radiactivas, dedicadas en el primer caso a procesos de control de espesores, control de calidad en laboratorios, control de niveles y eliminación de electricidad estática; en el segundo caso la mayoría de las instalaciones se destinan al control de espesores y homogeneidad de producto acabado.

Otra conclusión del análisis de datos que se incluyen en el MR. considerado de la comunidad, es que contrastado con el demográfico, más del 80% de las instalaciones se concentran en la zona costera, tal y como era de esperar por paralelismo con la distribución industrial y en consideración a que las zonas interiores son especialmente agrícolas y ganaderas.

### **INVENTARIO DE RECURSOS ESPECIFICOS Y ASIMILABLES**

En este apartado relacionaremos cuáles deberían de ser las informaciones principales a contenerse en este inventario, a los efectos de ser utilizadas en el caso de las emergencias que nos ocupan.

#### **Centros Sanitarios**

Establecer cuáles son los Centros Sanitarios y qué tipo de atención pueden prestar, especificando también el

volumen de su máxima cobertura y su especialización, sobre todo en aquellos casos que haga referencia al control de personal profesionalmente expuesto o atención a contaminados e irradiados. Dentro de este epígrafe, además se contemplarán los recursos para el transporte de accidentados (aéreos o por carretera) y todo aquello en relación a la proximidad geográfica de los focos de riesgo y el propio hospital o similar, hospitales comarcales, de área y de referencia.

#### **Laboratorios de Biodosimetría**

Aquellos centros de investigación o clínicos que estén capacitados para establecer por las diferentes técnicas existentes dosis sufridas por personal expuesto, deberán de contemplarse en este tipo de planificaciones, haciendo especial énfasis en aquéllos cuya proximidad geográfica y disponibilidad de recursos, los capacite para una mejor y pronta intervención.

#### **Laboratorios de "Baja Actividad"**

Aquellos laboratorios que se dediquen a las medidas de radiactividad ambiental y similares y pueden ser susceptibles de medir muestras biológicas o de otro tipo, a los efectos de establecer posibles contaminaciones internas o ambientales, deberán de contemplarse en este tipo de planificaciones, haciendo especial énfasis en aquellos cuya proximidad geográfica y disponibilidad de recursos, los capacite para una mejor y pronta intervención. Como ejemplo

podríamos citar laboratorios de universidades, centrales nucleares, administración o empresas.

### **Redes Ambientales**

El Consejo de Seguridad Nuclear, la Dirección General de Protección Civil y determinadas autonomías, así como las propias centrales nucleares, disponen de redes ambientales que en los dos primeros casos miden en tiempo real y con cobertura amplia en el territorio nacional, parámetros de radiactividad en el ambiente, tales como radiación gamma, yodos y partículas, contaminación de aguas, etc. Estos datos pueden en determinadas ocasiones ser una fuente de información para el manejo de las situaciones de emergencia que se tratan, si bien es cierto que dadas las características y la ubicación de estos sistemas así como el tipo de emergencias radiológicas que tratamos, la probabilidad de este uso en este caso la entendemos como muy remota.

### **Instrumentación y equipos de intervención**

Los centros tanto públicos como privados que dispongan material de intervención para emergencias radiológicas, se incluirán en el inventario, especificando si se trata de material desechable, su número, renovación, uso, localización y acceso, etc. y cuando se trate de instrumentación todos aquellos datos y su puesta al día que posibiliten su uso adecuado. Centros típicos a considerar, serán los Servicios y Unidades de Pro-

tección Radiológica, Servicios de Radiofísica, centrales nucleares, las propias II.RR., Parques de Bomberos, unidades especiales del Ejército, departamentos de la administración, Protección Civil, universidades, etc.

### Recursos Humanos

Aquellas personas que independientemente de su vinculación laboral al sector público o privado tengan formación o capacidad de movilización de recursos aplicables a estas emergencias, deberán de censarse en los documentos correspondientes, dejando especial constancia de la forma de contacto en horarios normales o especiales, así como de su papel dentro del plan. El número, diversidad, conocimiento e involucración en el Plan, va a condicionar de manera especial la viabilidad del mismo. Por lo tanto, aparte de cuestiones de motivación, se requiere que esta información esté constantemente actualizada y que este personal forme parte activa del Plan a través de simulacros y programas de formación directa e indirecta (entrega de documentación).

### PROTOCOLO DE ACTUACIONES

En este apartado se incluirá un extenso y pormenorizado tratamiento de cuáles deben ser las actuaciones en caso de que sucediera cada una de las posibles emergencias radiológicas consideradas. Se pretendería que de forma automatizada y según un código previamente establecido, se procediera a la expedición y contacto de todos aquellos documentos,

personas y recursos materiales que debieran participar en ella en la fase previa de movilización y gestionar posteriormente la fase operativa, así como la final de análisis de información y promoción de mecanismos correctores.

El sistema de localización automática, debería de posibilitar el contacto con todos los recursos de manera reiterada hasta conseguir cubrir la necesidad y en ese momento dejar constancia de los tiempos y centros de respuesta, con la finalidad de, a posteriori, establecer los correspondientes análisis y modificaciones consecuentes.

En general, cualquier información y procedimiento contemplado en estos Planes, deberá de tener asociado un período máximo de revisión, un mecanismo de actualización, unos responsables de todo ello y los canales de información hacia los medios e instituciones implicadas.

Para que los procedimientos sean operativos y lo más adecuados posible, lo indicado es contar en su elaboración y actualización con la opinión de expertos en todos los campos de interés, así como de instituciones, organismos, sociedades profesionales, etc.

Un ejemplo de aplicación se incluye en el esquema 1.

### PLAN DE EMERGENCIA INTEGRADO

Actualmente en la normativa española y la comunitaria, existen dos planes de emergencia en las instalaciones nuclea-

res, el Plan Interior y el Exterior, el primero se elabora por parte del titular de la instalación y es aprobado por la autoridad competente, el segundo es desarrollado por Protección Civil del estado, siguiendo en los aspectos de su competencia las directrices del C.S.N. El ensamble y coordinación de ambos planes, sería el denominado como Plan de Emergencia Integrado (P.E.I.).

El P.E.I., será el encargado de establecer de manera perfecta los mecanismos de transición de Plan Interior al Exterior, para lo cual entre otras cuestiones, deberá de definir cuáles son los parámetros o circunstancias en la emergencia que, una vez prevista su aparición, aconsejen la activación del Plan Exterior.

Siguiendo el modelo del campo nuclear y no perdiendo de vista el que se está hablando de instalaciones con riesgo significativamente inferior, pudiera establecerse una clasificación de las emergencias en las instalaciones radiactivas en las categorías I, II, III y IV que abarcarían desde simplemente sucesos anormales notificables hasta la necesidad de intervención general, incluida las evacuaciones, aunque estas últimas sean muy improbables.

De la misma manera estas emergencias se podrían dividir en fases, pre-emergencia y emergencia en función de las dosis estimadas para los miembros del público y también en función de esto se adaptarían las medidas de protección adecuadas. Dentro de esta pla-

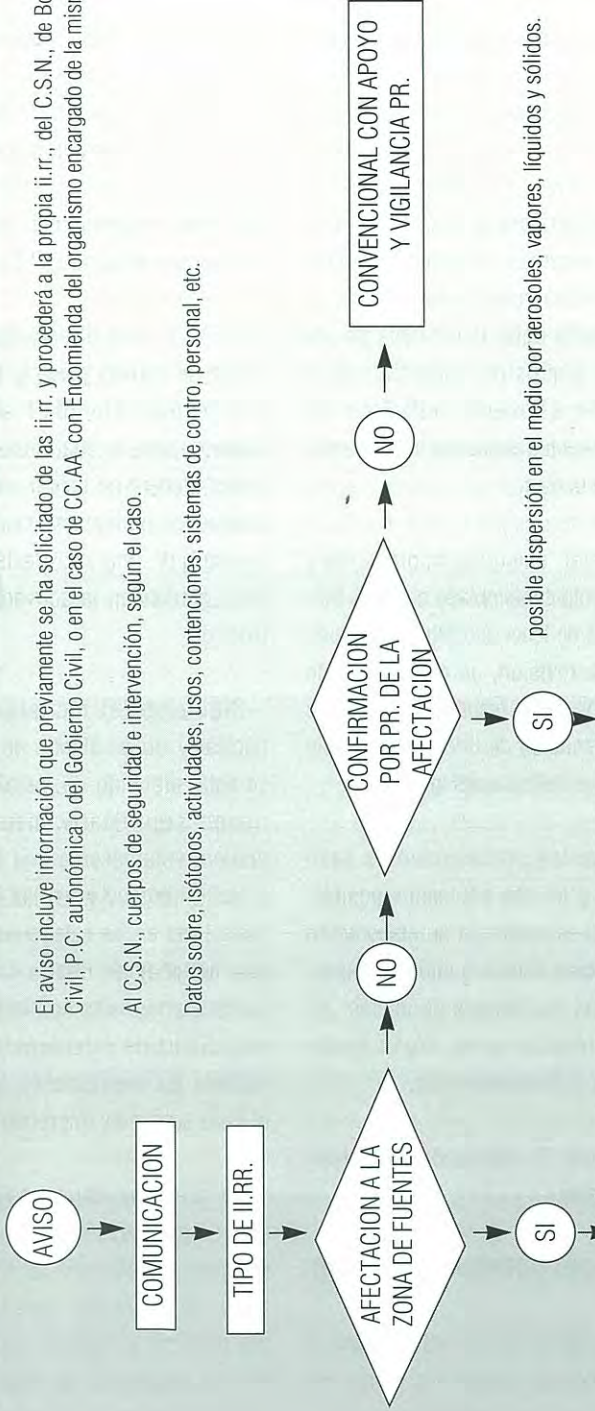
**TABLA 2**

**ACTUACION EN CASO DE UNA II. RR. CON FUENTES ENCAPSULADAS Y NO ENCAPSULADAS**

El aviso incluye información que previamente se ha solicitado de las ii.rr. y procederá a la propia ii.rr., del C.S.N., de Bomberos, Policía Local, Guardia Civil, P.C. autonómica o del Gobierno Civil, o en el caso de CC.AA. con Encomienda del organismo encargado de la misma.

Al C.S.N., cuerpos de seguridad e intervención, según el caso.

Datos sobre: isótopos, actividades, usos, contenciones, sistemas de control, personal, etc.



**PROTOCOLOS A DESARROLLAR EN MANUALES, PROCEDIMIENTOS, LISTADOS Y DIRECTORIOS**

**PR.:** Equipos de protección personal en número y tipo adecuados, aportar expertos si es posible más de uno y alguien de la propia instalación, aportar detectores de cont.-exp. adecuados y en su caso de iodios y particulares, proveer de dosímetros personales de lectura directa y TLD., proveer balizas y señales, aportar recipientes de contención para residuos y fuentes, aportar elementos de visión-iluminación y telemanipulación, proveer transportes clase 7, descontaminación técnicas y materiales. Normas para vestirse y desnudarse con riesgo de contaminación.

**Dosimetría:** Estimaciones de dosis antes durante y al final de la intervención (dosimetrías teórico-experimentales), a realizar para el personal de intervención en sus diferentes modalidades así como accidentados, medidas de personas, objetos, locales, aire y residuos, análisis de CEE. y muestras biológicas y biodosimetría.

**Asistencia sanitaria:** En la propia instalación triage y asistencia, evacuación controlada radiológicamente, aviso y recepción hospital, hospitalización controlada, alta y seguimiento tanto de accidentados como de cierto personal de intervención, tomas de muestras biológicas, notificación autoridades sanitarias, etc., formación y entrenamiento previo.

**Cuerpos de seguridad:** Control de accesos, control de vías de evacuación, control de zonas límite, seguridad física de instalaciones, equipos y personas, apoyo a la comunicación y transporte.

**Bomberos:** Establecimiento de niveles de exp.-cont., tiempos de permanencia y turnos, uso de trajes estancos y precintos de juntas, equipos de respiración autónoma, dos personal, medios de extinción no dispersores de la contaminación, control personal final de contaminación y exp., control de contaminación sobre equipos y materiales, control sanitario, rescate de personas, balizamiento y establecimiento del puesto de mando con asesoría de PR. Formación previa e información sobre las generalidades de las II. RR. controladas, equipamiento mínimo propio.

nificación, se incluirá una zonificación adaptada a las consecuencias previsibles. Estas zonas llevan asociados unos radios de actuación, que en cada caso particular de las II.RR., debería de adaptarse a sus características de diseño, explotación, urbanísticas y demográficas entre otras.

Las medidas de protección que serían de aplicación al caso, se verían simplificadas a según las circunstancias, controles de accesos, protección personal, evacuación de personas, descontaminación de personas y materiales y asistencia sanitaria de urgencia y especializada.

## CONCLUSIONES

La gestión correcta de la emergencia radiológica, debería de contar con la colaboración desde la fase de diseño de los planes, con las autoridades más próximas al emplazamiento de la instalación, es decir las municipales y a partir de aquí establecer las conexiones adecuadas entre el resto de autoridades autonómicas y centrales competentes en este tipo de incidentes, incluidos las fuerzas de seguridad del Estado.

Las emergencias en las instalaciones radiactivas, podrían contar en sus situaciones más graves con la infraestructura existente en los Planes de Emergencias Nucleares (P.E.N.) al nivel que se requi-

riera. En aquellas demarcaciones territoriales donde no existieran éstos, se haría necesario la implantación de uno propio adecuado al tipo de riesgo existente.

Para que la gestión de las emergencias en las II.RR. fuera lo más adecuada posible, debería de contarse además de la infraestructura, con la experiencia acumulada y simplificar el tratamiento de los sucesos a aquellos que realmente contarán con una probabilidad significativa de aparición, y en este sentido y haciendo uso de un trabajo esbozado hace años por uno de los autores, se plantearía la conveniencia de realizar un análisis probabilístico de riesgos de los diferentes tipos de II.RR., cuyo resultado final, definiría la probabilidad antes mencionada.

## BIBLIOGRAFIA.

- Colección de Guías de Seguridad Nuclear, editadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.
- PLABEN., "Plan Básico de Emergencia Nuclear", documentación del Ministerio del Interior, Dirección General de Protección Civil.
- PENVA., "Plan de Emergencia Nuclear de la Provincia de Valencia", documentación del Ministerio del Interior, Dirección General de Protección Civil.
- Guías de Seguridad editadas por el OIEA. (Organismo Internacional de la Energía Atómica), nos ss13,ss18,ss22 y ss47.
- Reports dedicados a las emergencias en instalaciones radiológicas, editados por la ICRP. (Comisión Internacional de Protección Radiológica), nºs 7,15,21,25,28,33 y 35.
- Normativa Española de países Comunitarios y otros: UNE.20.571.76,UNE.23.007.77,UNE.20.568.76.
- DIN.6834 (p.1),DIN.6846(p.1.2),E-DIN.6804 (p.1) y E-DIN 25425
- British Standard (BS) BS-4049 (p.1) y BS-4040 (p.2)
- Norme Francaise (NF) NF-M-62-101, 61-001 y 61-002
- SO-1677.77 y 2919.80
- NCRP-30,39,59,65



# EL PLAN QUINQUENAL DE INVESTIGACIÓN (1996-2000) DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



El Plan Quinquenal de Investigación (1996-2000) del Consejo de Seguridad Nuclear<sup>2</sup> fue aprobado por el Pleno de la Institución en su reunión 637 del ocho de febrero de 1996, a propuesta de la Comisión de Investigación y Política Tecnológica. El Plan fue oficialmente presentado a representantes de las instituciones científicas nacionales interesadas en sesión pública celebrada el día once de marzo de 1996.

El Plan trata de dar respuesta a una de las funciones que la ley de creación 15/80 asigna al Consejo de Seguridad Nuclear, la de *establecer planes de investigación y vigilar su cumplimiento*. A tal efecto, el Presidente del Consejo, en el prólogo al documento, deja claro que *"la labor del CSN consiste únicamente en fomentar la investigación, en aquellos campos que sean de su competencia"*. Para añadir posteriormente que *"dicho fomento lleva aparejado, en todo caso, el control y el aprovechamiento de las actividades de investigación y, naturalmente, la financiación de, al menos, una parte de ellas"*. Para terminar afirmando que *"la vocación del CSN es colaborar estrechamente con los muchos organismos y empresas existentes en España que son capaces de desarrollar tecnología relacionada con la seguridad nuclear y protección radiológica"*.

**Agustín Alonso<sup>1</sup>**  
Consejero del Consejo de  
Seguridad Nuclear.  
C/Justo Dorado, 11.  
28040 Madrid.

<sup>1</sup> La glosa, excepto en lo tomado del documento oficial, representa las opiniones del autor, que no tienen porqué coincidir necesariamente con las del Consejo de Seguridad Nuclear, del que forma parte. El autor agradece la colaboración de J.L. Butragueño, Subdirector General de Protección Radiológica y responsable principal del contenido que se glosa.

<sup>2</sup> CSN. Plan Quinquenal de Investigación 1996-2000 (1996). El Gabinete de la Presidencia suministra ejemplares a quien lo solicite.

El Plan incluye *tres* líneas básicas de investigación: (1) *explotación de instalaciones nucleares*, (2) *protección radiológica* y (3) *emplazamientos y radioecología*. Esta glosa se refiere sólo a la *protección radiológica*, en reconocimiento del carácter de RADIOPROTECCION, si bien se reconoce que las tres líneas interaccionan entre sí y que la protección sanitaria contra las radiaciones es parte esencial de la explotación segura de las instalaciones nucleares; se relaciona además de forma íntima con los emplazamientos nucleares y, sobre todo, con la radioecología. Sin embargo, se prefiere que sea el lector quien establezca tales relaciones. Los programas de investigación sobre protección radiológica se han dividido a su vez en *cinco* áreas principales: (1) *efectos radiológicos de las radiaciones ionizantes en el hombre y en los seres vivos*; (2) *epidemiología de las radiaciones ionizantes*; (3) *protección radiológica ocupacional*; (4) *consecuencias radiológicas de los accidentes severos: gestión de emergencias y recuperación ambiental*, e (5) *impacto radiológico ambiental de la operación de centrales nucleares*.

El Consejo expresa aquí su agradecimiento a la Sociedad Española de Protección Radiológica por haber sido invitado, a través de uno de sus miembros, a incluir esta glosa en RADIOPROTECCION, el órgano oficial de expresión de la Sociedad. El Consejo espera y desea que su *Plan Quinquenal de Investigación* despierte vocaciones investigadoras entre los miembros de la Sociedad y acogerá cualquier iniciativa que se formule

dentro de las especificaciones del Plan y se presente a través de los cauces establecidos por el propio Consejo, es decir, a través de las unidades organizativas de su Dirección Técnica.

Para cada una de las *áreas* que se consideran, el plan describe la *previsión de actividades* a desarrollar durante el quinquenio de interés, las *acciones ya en marcha* iniciadas con anterioridad a la publicación del Plan, los *acuerdos* ya establecidos y las *tareas adicionales* que deberían ser realizadas en el futuro para completar el conocimiento del área definida. Se pretende que el Plan sea revisado anualmente de modo que las tareas previstas y adicionales se vayan definiendo paulatinamente con mayor precisión. Tampoco se descarta la inclusión de nuevas áreas si las necesidades o circunstancias nacionales o la situación internacional así lo aconsejase.

En la tabla 1 se relacionan los proyectos más significativos que se encuentran en marcha o cuya formalización está muy avanzada, mientras que en la tabla 2 se relatan aquellas actividades que se prevén han de ser desarrolladas en el futuro tras convertirse en proyectos concretos entre el CSN y las instituciones nacionales interesadas.

### **EFFECTOS RADIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES**

Existe suficiente evidencia para sugerir que el cáncer se podría iniciar a partir de una célula cuyo DNA ha sido transforma-

do y no reparado. También se considera axiomático que la radiación, entre otros agentes, puede alterar el DNA de las células. Se han definido así dos tipos de investigación: (a) cómo la radiación altera el DNA, (b) cómo se genera un cáncer a partir del DNA alterado. Ambos campos de investigación han producido hasta ahora conocimientos valiosos; sin embargo, la investigación debe continuar y, lo que se considera aún más valioso para la protección radiológica, es preciso unir ambos tipos de investigaciones en una sola con el objetivo de determinar la relación causa-efecto a bajas dosis de radiación, cuya importancia se explica más adelante en la sección dedicada a la epidemiología. El Consejo de Seguridad Nuclear ha mostrado sensibilidad hacia aspectos tan fundamentales de la protección radiológica y ofrece a los investigadores españoles dos campos de actividad relacionadas, respectivamente, con la *radiobiología* y la *dosimetría biológica*.

En el campo de la *radiobiología* el Consejo estima y desea patrocinar la realización de investigaciones fundamentales en instituciones, como el CIEMAT, cátedras universitarias y centros hospitalarios con capacidad de investigación, en algunos de los cuales ya se han iniciado programas de investigación.

En el campo de la *dosimetría biológica*, en especial el estudio de las aberraciones cromosómicas, el Consejo ha mantenido desde antiguo un interés considerable, dado el carácter práctico e inmediatamente utilitario de tal investigación. El análisis de cromosomas dicéntricos y otras técni-



**TABLA 1**  
**PLAN QUINQUENAL DE INVESTIGACIÓN 1996-2000 DEL CSN**  
**PROYECTOS EN DESARROLLO O EN AVANZADO ESTADO DE CONSOLIDACIÓN**

**1.- RADIOBIOLOGÍA.**

- \* *Proyecto "Inter-laboratory Comparison on Stable Chromosome Aberrations Scoring by FISH Technique".* Forma parte del IV Programa Marco de la UE. El CSN participa a través del Hospital General Universitario "Gregorio Marañón" de Madrid.
- \* *Acuerdo con la Universidad de Alcalá de Henares.* Este Acuerdo, vigente hasta octubre de 1996, se refiere a la aplicación de nuevas técnicas de dosimetría biológica.
- \* *Acuerdo con el Centro Oncológico de Galicia "José Antonio Quiroga y Piñeiro".* Este acuerdo, vigente hasta finales de 1998, tiene por objeto el apoyo de actividades relativas a la validación de la técnica FISH.
- \* *Acuerdo con la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).* Se prevé el establecimiento de un acuerdo específico CSN-UAB, por el que el primero apoyará durante tres años el desarrollo de un proyecto cuyos objetivos principales consisten en poner a punto la técnica FISH.
- \* *Acuerdo con la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).* El Acuerdo previsto contempla la realización de un trabajo de tres años de duración para el análisis de las alteraciones numéricas de los cromosomas de células germinales (efecto aneugénico).
- \* *Acuerdos con el CIEMAT.* Se prevé la firma de dos Acuerdos para la financiación parcial de dos proyectos desarrollados por el CIEMAT. Uno de ellos estudia la implicación de los mecanismos de reparación en la estimación del riesgo carcinogénico a dosis bajas de radiación. El segundo es un estudio de los mecanismos carcinogénicos implicados en el desarrollo de anomalías hematológicas irreversibles tras exposiciones a dosis bajas de radiaciones ionizantes.

**2.- EPIDEMIOLOGÍA.**

- \* *Proyecto IARC.* Se trata de un estudio sobre el riesgo de contraer cáncer entre los trabajadores de la industria nuclear ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes. El proyecto tiene carácter internacional, realizándose bajo la dirección del Organismo Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC). El CSN prevé colaborar en el Proyecto junto con UNESA, quien preparará datos dosimétricos y sanitarios validados de los trabajadores de las CC.NN. españolas.



(TABLA 1. Continuación)

### 3.- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPERACIONAL.

- \* *Proyecto PRORI.* Los riesgos de exposición ocupacional de la radiología intervencionista llevaron al CSN y a la Universidad Complutense de Madrid a establecer un acuerdo específico por el que la Cátedra de Física Médica del Departamento de Radiología de su Facultad de Medicina desarrolla un proyecto sobre Protección Radiológica Operacional en Radiología Intervencionista (PRORI).

### 4.- CONSECUENCIAS RADIOLÓGICAS DE ACCIDENTES SEVEROS.

- \* *Estudios deterministas.* Se trata de completar un conjunto satisfactorio y completo de simulaciones de accidentes severos en cada central nuclear española, que complete el estudio ya realizado por la UPM a través de la Cátedra de Tecnología Nuclear de la ETSII.
- \* *Recuperación ambiental.* Se prevé recabar apoyos del CIEMAT y de otras instituciones que, al igual que dicho Centro, mantengan programas de trabajo relacionados con este tipo de investigaciones. Se trata del Proyecto TEMAS (*Techniques and Management Strategies for Environmental Restoration and Their Ecological Consequences*), así como otros asociados referentes a radioecología de ecosistemas agrícolas sometidos a situaciones accidentales, transferencias de radionucleidos en los suelos mediterráneos y tratamiento de grandes superficies contaminadas después de un accidente.

### 5.- IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES.

- \* *Desarrollo de una Estación Ambiental de Referencia (Dosimetría Ambiental).* Este proyecto tiene como objetivo la intercomparación continuada de diferentes sistemas de medida en condiciones bien conocidas de exposición al campo de radiación ambiental y la caracterización cuidadosa del emplazamiento en términos de radiación cósmica y terrestre.
- \* *Aplicación de la espectrometría gamma "in situ" a la dosimetría ambiental.* El proyecto tiene por objeto caracterizar el campo de radiación externa en un emplazamiento, identificando a los radionucleidos que lo originan y permitiendo simultáneamente la estimación de las dosis ambientales resultantes mediante algoritmos de cálculo.
- \* *Dosimetría retrospectiva.* Su objetivo es poder reproducir escenarios dosimétricos después de un accidente radiológico empleando para ello materiales naturales.



**TABLA 2**  
**PLAN QUINQUENAL DE INVESTIGACIÓN 1996-2000 DEL CSN**  
**ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN PREVISTAS**

**1.- RADIOBIOLOGIA.**

- \* Mecanismos de control celular: Modelos experimentales de carcinogénesis molecular. Ciclo celular.
- \* Corrección del daño: Terapia génica. Alternativas para la corrección de lesiones hematopoyéticas.
- \* Análisis de riesgos: Carcinogénesis ambiental. Valoración del riesgo de inducción de anomalías hematológicas.

**2.- DOSIMETRÍA BIOLÓGICA.**

- \* Desarrollar técnicas para la detección de alteraciones radioinducidas e intercomparación de resultados entre laboratorios nacionales y extranjeros.
- \* Validar las técnicas de detección y marcaje de aberraciones cromosómicas y desarrollar aplicaciones.

**3.- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL.**

- \* Estudiar las condiciones radiológicas ambientales con origen en la radiación natural en lugares de trabajo convencional.
- \* Desarrollar medidas pulmonares de contaminación interna.

**4.- CONSECUENCIAS RADIOLÓGICAS DE ACCIDENTES SEVEROS.**

- \* Completar el conjunto de datos de las zonas afectadas en torno a los emplazamientos de las centrales nucleares españolas en lo que corresponde a distribución de la población; actividades humanas, industriales y agrícolas; topografía, meteorología y climatología, entre otros aspectos, de acuerdo con los requisitos establecidos por la UE.
- \* Preparar los códigos para servir de base a sistemas de apoyo a la toma de decisiones durante las emergencias (Sistema RODOS).
- \* Estudiar la influencia de las incertidumbres y las variaciones posibles de los parámetros de entrada sobre los resultados proporcionados por los códigos MACCS y COSYMA.

(TABLA 2. Continuación)

- \* Participar en el estudio comparativo de los sistemas de códigos MACCS y COSYMA, que se está realizando conjuntamente por la US NRC y la UE utilizando el sistema basado en el juicio de expertos.

#### 5.- IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES.

- \* Desarrollar metodologías de evaluación con parámetros reales del impacto radiológico producido por la descarga al exterior de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos.
- \* Desarrollar metodologías de evaluación del impacto radiológico producido por la gestión de residuos sólidos.
- \* Realizar la evaluación integral de los datos obtenidos por las diferentes redes de vigilancia radiológica ambiental.

cas ha sido objeto de interés en el pasado a través de acuerdos y convenios de colaboración con distintas universidades y centros de investigación oncológica. Sin embargo, la inestabilidad de los cromosomas dicéntricos limita la aplicación de esta metodología al análisis de dosis recientes. Para el análisis de dosis crónicas o recibidas en el pasado, también de gran interés para el Consejo, hay que recurrir al estudio de translocaciones estables. Una nueva técnica conocida con el nombre de FISH (*Fluorescence In Situ Hybridation*) permite tal estudio y, con dicho objetivo, se ha establecido un acuerdo con el Hospital General Universitario Gregorio Marañón dentro del IV Programa Marco de Investigación de la Unión Europea. De igual forma, dos

Departamentos de la Universidad Autónoma de Barcelona (Biología Animal, Vegetal y Ecología y Biología Celular) se han interesado en continuar sus investigaciones haciendo uso de esta nueva técnica.

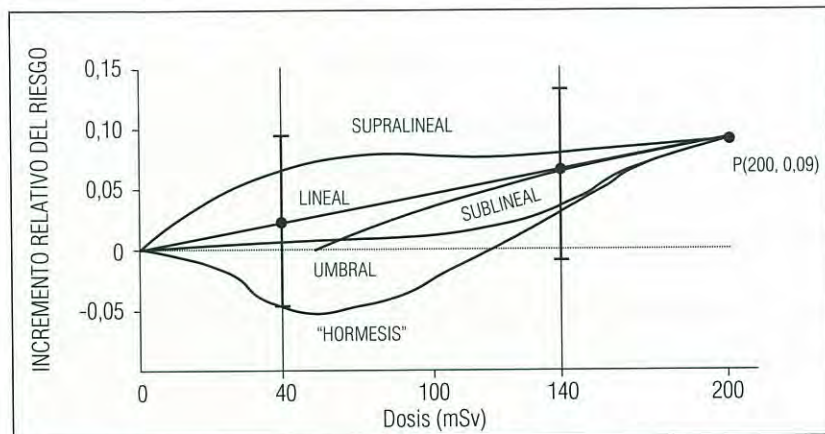
#### EPIDEMIOLOGÍA ASOCIADA A LOS EFECTOS SANITARIOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Es bien conocido que el problema fundamental de la protección radiológica cuando se reciben, como es el caso más frecuente, dosis bajas reside en el conocimiento previo de la relación dosis-efecto. A tal sentido, es clásica la fig.1 en la que se representa *el incremento sobre el valor natural o aumento relativo del ries-*

*go de contraer cáncer*<sup>3</sup>, que experimenta un individuo que ha recibido una dosis de radiación adicional, en función de la dosis recibida.

La evidencia experimental disponible hasta la fecha no permite establecer con certidumbre la extrapolación más cercana a la verdad. Por el momento, se acepta como mejor la *extrapolación lineal sin umbral* y en tal hipótesis se basan las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y las normativas de protección supranacionales y nacionales. Sin embargo, se especula que tales medidas de protección podrían ser excesivas, con lo que se podría estar encareciendo o limitando los usos beneficiosos de la radiación.

<sup>3</sup> El incremento relativo del riesgo, para un individuo que forma parte de una población irradiada, se define como la relación entre el número adicional de casos de cáncer atribuibles a la radiación, O-E, y el número esperado de casos naturales en dicha población, E. Se suele definir mediante la relación  $ERR = (O-E)/E = (O/E) - 1 = RR - 1$ , en la que O es el número total de casos observados, E el número esperado por razones naturales en la población en estudio y  $RR = O/E$  el llamado riesgo relativo.



**Figura 1.** Relación entre el incremento relativo del riesgo y la dosis. *Un problema significativo de la protección radiológica reside en saber con certidumbre suficiente qué relación existe, para dosis bajas, entre el incremento relativo del riesgo, con respecto al natural, de contraer cáncer que experimenta un individuo y la dosis por él recibida. En la gráfica, sin tener valor cuantitativo, se incluyen las cinco hipótesis que han ido surgiendo a lo largo del tiempo y aún se consideran en la actualidad. De entre ellas, la que más se presta y más atención ha recibido desde el lado cuantitativo es la aproximación lineal. En la gráfica, deducida de datos de Unsclear94 y basada en análisis de supervivientes japoneses, se da por supuesto que se conoce con suficiente certeza el punto P de la representación —en realidad no es así— en el que se supone que el riesgo natural aumenta en el 9% cuando la dosis recibida es de 200 mSv, lo que corresponde a un incremento relativo del riesgo de  $4,5 \text{ E-}4$  por mSv. La Comisión Internacional de Protección Radiológica y la mayor parte de las instituciones nacionales consideran que la extrapolación lineal es una hipótesis aceptable, sin que lo avale la observación de la realidad. Las incertidumbres asociadas a los datos disponibles, representados en la figura por una vez la desviación típica, justifican cualquiera de las hipótesis representadas. El proyecto IARC tratará de aportar datos a tal cuestión.*

Para resolver tal cuestión es necesario realizar estudios epidemiológicos sobre poblaciones muy grandes<sup>4</sup> y bien contro-

ladas. Una de tales poblaciones ideales lo constituye la industria nuclear mundial, ya que las dosis recibidas por tales per-

sonas y su salud son bien conocidas. Tales estudios ya se han hecho entre la población de trabajadores de la industria nuclear de Canadá, Reino Unido y los EE.UU. con resultados no concluyentes por debajo de 200 mSv y una población de 96.000 individuos. Por esta razón, bajo la dirección del Organismo Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) con sede en Lyon (Francia), se ha emprendido un nuevo estudio que englobará además a los trabajadores nucleares de otros países, incluyendo España, quien aportará datos bien cualificados, suministrados por UNESA, de los trabajadores de la industria nuclear del país. Aunque el nuevo estudio podría reducir las incertidumbres actuales, su validez quedaría reducida a un tipo especial de población y los datos no serían extrapolables con certeza al resto de la población.

## PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

Las enfermedades ocupacionales o profesionales constituyen objeto de atención preferente por parte de las autoridades sanitarias de los países y forman parte esencial de la llamada Medicina Preventiva. Se han establecido dos principios básicos de protección: la *limitación* y la *optimización* cuyo cumplimiento escrupuloso debe ser objeto de atención

<sup>4</sup> Se da por sentado que para poder obtener correlaciones significativas el número de individuos,  $N$ , de la población a estudiar debe satisfacer la relación  $N > K/D^2$ , donde  $D$  es la dosis y  $K$  una constante. Para el caso de que la extrapolación fuese lineal, con un coeficiente  $5\text{E-}2\text{Sv}^{-1}$ , la incidencia natural de cáncer  $1/5$  y en el supuesto de que el número de casos adicionales esperados fuese tres veces la desviación típica de la distribución natural, la constante  $K$  valdría  $K = 7.2\text{E}8(\text{mSv})^2$ , lo cual requeriría estudiar una población de 72.000 individuos que hubiesen recibido una dosis de 100 mSv.

por parte de los usuarios bajo la vigilancia estatutaria del Consejo de Seguridad Nuclear en el caso español; aunque existen numerosos ejemplos, se ha detectado un caso de interés que conviene investigar: la *radiología intervencionista*.

La radiología intervencionista supone que un número relativamente significativo de profesionales deben permanecer en las salas de intervención mientras se están emitiendo rayos X durante períodos sustanciales de tiempo. Hasta ahora en España no se ha prestado suficiente atención a este caso, y los registros dosimétricos incluyen lagunas significativas, mientras que el tema se discute en grupos de trabajo de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y en la propia Organización Mundial de la Salud. Para atender a tal circunstancia se ha establecido el Proyecto PRORI (*Protección Radiológica Operacional en Radiología Intervencionista*) que lleva a cabo el Departamento de Radiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

### **CONSECUENCIAS RADIOLÓGICAS DE LOS ACCIDENTES SEVEROS: GESTIÓN DE EMERGENCIAS Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL**

El análisis de las consecuencias radiológicas atribuibles a los accidentes seve-

ros, en especial los que pueden potencialmente ocurrir en las centrales nucleares, comenzó con el propio desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear; en un primer momento, tales análisis se realizaban de forma desagregada o determinista, más recientemente se efectúan dentro de la llamada metodología probabilista. En el primer caso, los estudios realizados han dado lugar al desarrollo de varios códigos de cálculo que consideran, a partir de un *término fuente*<sup>5</sup> proporcionado al código, los fenómenos físicos relevantes -dispersión atmosférica y acuática, precipitación o arrastre por la lluvia, deposición sobre el terreno y las plantas- y estiman las consecuencias radiológicas, sanitarias y económicas de tales supuestos escapes. En el caso probabilista, tanto el propio término fuente como las condiciones de dispersión y las propias consecuencias radiológicas se estudian de forma integrada, considerando además el carácter aleatorio del término fuente, de los parámetros de dispersión y meteorológicos que definen las características del emplazamiento, y del propio comportamiento social de la población.

El objetivo fundamental de tales análisis es triple: (a) por una parte, dichos ejercicios teóricos sirven para definir *escenarios*, tanto mínimos como medios y mayorantes, sobre los que se planifican las emergencias y se hacen óptimas las

medidas de protección de la población; (b) sirven también para definir los términos, límites y características realistas de los simulacros y verificar así el equipo y los procedimientos establecidos para hacer frente con éxito a las emergencias en el caso de que se produjesen, y (c) permiten predecir las mejores medidas, equipos y tecnologías necesarias para la recuperación ambiental del espacio afectado.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha mostrado ya su sensibilidad frente a estas cuestiones con el establecimiento del SALEM (Sala de Emergencias); sin embargo, reconoce que el desarrollo de las responsabilidades que asigna el PLABEN (Plan Básico de Emergencias Nucleares) a los distintos actores -Protección Civil, CIEMAT, ENRESA y el propio CSN- requiere además el establecimiento de acuerdos de investigación en diversas materias para lo cual ha establecido una larga lista de actividades previstas, en las que pueden participar otras instituciones universitarias y de investigación además de las que se mencionan.

### **IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL DE LA OPERACIÓN DE INSTALACIONES NUCLEARES**

Como resultado de la explotación de las instalaciones nucleares, en especial

<sup>5</sup> En el contexto de la glosa que nos ocupa, se denomina término fuente a la tasa de actividad y actividad total que se libera a la atmósfera de cada isótopo radiactivo, incluyendo la composición química y la forma física, así como las características de los gases y vapores de arrastre y la energía térmica y mecánica asociada.



las centrales nucleares, se emiten al exterior efluentes radiactivos líquidos y gaseosos y se procede al almacenamiento temporal, previo a la disposición definitiva en el Cabril, de los residuos sólidos de actividad baja y media procedentes de las operaciones de descontaminación. En ocasiones, es necesario almacenar equipos voluminosos, tales como generadores de vapor que se han recambiado, a las tapas de las vasijas de presión.

Salvo en el caso de incidente, los escapes de radiactividad asociados a los efluentes líquidos y gaseosos son sólo una fracción de los valores límites permitidos y tienen, por tanto, un impacto radiológico muy pequeño sobre el entorno del emplazamiento. No obstante, existen cuatro nucleidos que por su largo período de semidesintegración y peculiaridades químicas merecen una atención especial. Se trata del criptón-85, (10,8 años), el tritio (12,3 años), el carbono-14 (5730 años) y el yodo-129 (1,7E7 años).

El criptón-85 es un gas noble de vida larga que no puede ser retenido en los procesos de depuración de gases por filtración y desactivación. El tritio, también de vida larga y además cosmogénico, sustituye al hidrógeno en la molécula de agua, que se convierte así en su vehículo de transporte. El carbono-14 es un nucleido también cosmogénico de vida muy larga que aparece por lo general en

forma oxidada y pasa así a formar parte del ciclo de carbono de la atmósfera. El yodo-129 es un nucleido de vida extraordinariamente larga, su rendimiento en la fisión es muy pequeño y fácil de retener en los filtros de carbón activo, no obstante, es objeto de consideración.

Aunque los aspectos anteriores han sido motivo de atención desde que comenzó el desarrollo de la energía nuclear y no son objeto de preocupación especial, el Consejo de Seguridad Nuclear ha mostrado su sensibilidad por conocer más profundamente estos aspectos, así como el impacto radiológico asociado al almacenamiento y transporte de los residuos sólidos, y ha formulado una serie de previsiones entre las que destaca: (1) la incorporación de la red española de vigilancia radiactiva a la red de la Unión Europea; (2) el establecimiento de una red de vigilancia de referencia para la dosimetría ambiental, y (3) el desarrollo de la espectrometría gamma *in situ*.

## CONCLUSIONES

**Primera.-Sobre el Plan Quinquenal de Investigación del CSN en materia de Protección Radiológica.** En febrero de 1996 el Consejo de Seguridad Nuclear aprobó y presentó en público su *Plan Quinquenal de Investigación 1996-2000*, que dedica una de sus

tres partes a la *protección radiológica* que distribuye en cinco áreas de interés.

**Segunda.-Sobre los objetivos y características del Plan.** El Plan responde al requisito legal que obliga al Consejo a *establecer planes de investigación y vigilar su cumplimiento* y tiene como objetivo fundamental proporcionar la información básica necesaria para el mejor cumplimiento de las labores normativa, de valoración y verificación de las actividades de los usuarios en lo que responde a la protección radiológica. Pretende también estimular la investigación sobre tal campo de actividad en las instituciones y entre los científicos españoles.

**Tercera.-Sobre los efectos de las radiaciones ionizantes.** Se reconoce que es necesario investigar más para reducir las incertidumbres que permanecen en el conocimiento de la radiación como agente oncogénico y, en especial, la relación dosis-efecto. A tal fin, el Consejo expresa su deseo de promocionar estudios básicos sobre radiobiología. Tales estudios pueden también servir para el desarrollo de metodologías para la cuantificación biológica de las dosis recibidas, circunstancia que también se fomenta.

**Cuarta.-Sobre la realización de estudios epidemiológicos.** La realización de estudios epidemiológicos es

<sup>6</sup> El Comité de Protección Radiológica y Salud Pública y el Comité sobre la Gestión de Residuos Radiactivos de la Agencia de Energía Nuclear de la OECD, junto con un Grupo de Expertos internacionales realizaron un estudio ya clásico sobre este tema en 1980 "Radiological Significance and Management of Tritium, Carbon-14, Krypton-85, Iodine-129, Arising from the Fuel Cycle" (April 1980).

también un requisito que obliga al Consejo de forma legal. Tales estudios pueden limitarse al análisis de cohortes que hayan sufrido elevados niveles de radiación, que no es el caso español. También pueden incluir grupos que hayan recibido dosis pequeñas y bien controladas de radiación, como pueden ser los trabajadores de la industria nuclear. Puesto que estos estudios se han de aplicar a universos muy amplios, se está participando en una investigación casi universal llevada a cabo por el IARC con el patrocinio de la Unión Europea.

**Quinta.-Sobre la protección radiológica ocupacional.** Se reconoce que los profesionales que practican la *radiología intervencionista* constituyen en España un grupo de personas que debe ser analizado desde el punto de

vista de la protección radiológica. Se reconoce también la importancia del radón y de sus descendientes como causa de más de la mitad de la dosis ambiental, por ello se pretende analizar aquellas circunstancias ambientales donde el efecto natural del radón podría ser amplificado.

**Sexta.-Sobre consecuencias radiológicas de los accidentes.** Aunque de probabilidad muy remota, no cabe descartar completamente el escape de radiactividad al exterior en caso de accidente grave, el PLABEN (Plan Básico de Emergencia Nuclear) ha previsto tal circunstancia. Existen métodos predictivos de reconocimiento universal que deben ser analizados y aplicados al caso español a fin de prever los medios materiales y los mejores procedimientos para

proteger a la población y recuperar la situación en el caso de que se produzcan tales circunstancias.

**Séptima.-Sobre el impacto radiológico ambiental derivado de la operación de las centrales nucleares.** Aunque es bien conocido que el impacto radiológico ambiental derivado de la explotación de las centrales nucleares es una fracción muy pequeña del natural y se vigila además de forma continua, conviene mejorar los métodos de vigilancia y control de efluentes y valoración del impacto a fin de incluir los nuevos y más perfectos instrumentos y herramientas informáticas que brinda el progreso científico y tecnológico.



# ENCUESTA SOBRE RADIOPROTECCION

**1** En relación al contenido global de la revista **RADIOPROTECCION**, ¿podría hacer una valoración del mismo?

1     2     3     4     5

**2** ¿Considera que la revista cubre todos los aspectos que integran la protección radiológica?

Sí     No

En caso negativo indique los aspectos que se deberían incluir.

---

---

**3** Contenido científico...

Adecuado     Insuficiente

**4** ¿Le parece adecuada la estructura de la revista?

Sí     No

En caso negativo indique las modificaciones oportunas.

---

---

**5** ¿Considera de interés la publicación de artículos científicos traducidos al español, previamente publicados en otras revistas científicas?

Sí     No

**6** La información relativa a las actividades desarrolladas por la SEPR, ¿considera que es suficiente?

Sí     No

¿Debe ser más extensa?

Sí     No

**7** ¿Estima necesario incluir alguna sección nueva dentro de la revista?

Sí     No

En caso afirmativo indique cuál.

---

---

**8** Se ha pensado crear unas secciones nuevas relativas a temas de:

- Formación.
- Normativa y Reglamentación.

¿Estaría interesado en colaborar en su desarrollo?

---

---

**9** Agradeceríamos cualquier indicación dirigida a mejorar nuestra revista.

---

---

---

---

---

---

**Muchas gracias por la colaboración prestada al cumplimentar esta encuesta.**

*Enviar la encuesta cumplimentada a la Secretaría Técnica de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Apolonio Morales, 27. 28036 Madrid.*



# SOCIOS COLABORADORES SEPR



**PHILIPS**

**IBERDROLA**

**enresa**



**INITEC**



**SIEMENS**

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



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

**3M**



CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ



UNION FENOSA

CENTRAL NUCLEAR "JOSE CABRERA"



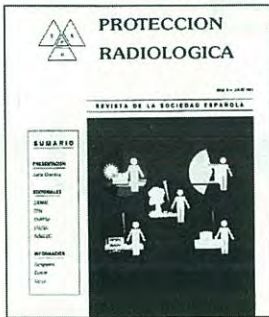
**COFRENTES**  
CENTRAL NUCLEAR



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



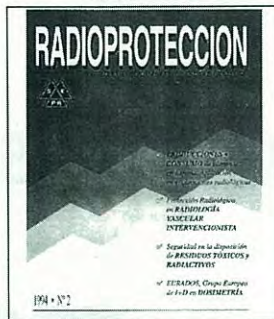
NUM. 0 - JULIO 1991



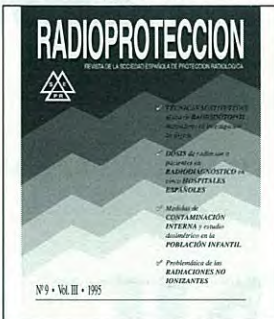
NUM. 1 - 1993



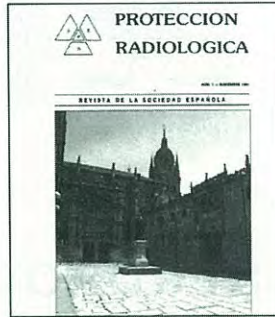
NUM. 2 - 1994



NUM. 9 - 1995



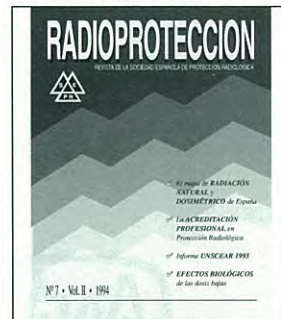
NUM. 1 - NOV 1991



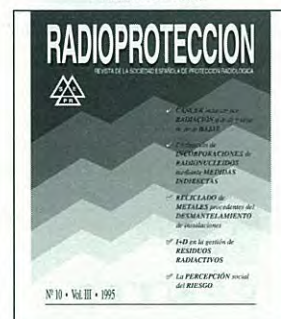
NUM. 2 - 1993



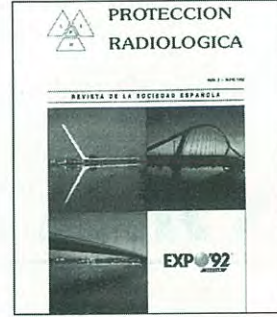
NUM. 7 - 1994



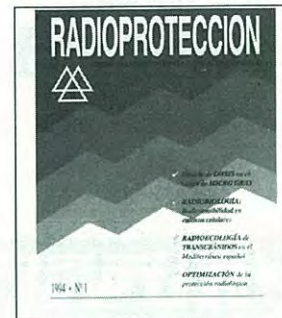
NUM. 10 - 1995



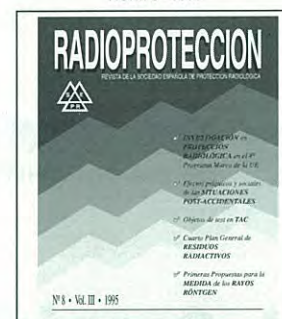
NUM. 2 - MAYO 1992



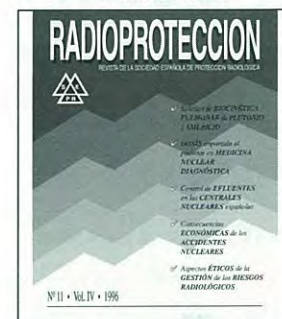
NUM. 1 - 1994



NUM. 8 - 1995



NUM. 11 - 1996



*Circular Informativa INFCIRC/510, del 12 de junio de 1996,  
del Organismo Internacional de Energía Atómica*

# CONFERENCIA INTERNACIONAL. UNA DÉCADA DESPUÉS DE CHERNOBIL: RECAPITULACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE

- *Resumen de los resultados de la Conferencia*

*Del 9 al 12 de abril se celebró en Viena la Conferencia Internacional "Una década después de Chernobil: Recapitulación de las consecuencias del accidente", con objeto de lograr una interpretación común y concluyente de la naturaleza y magnitud de las consecuencias del accidente de Chernobil. La Conferencia, a la que asistieron 845 participantes y observadores de 71 países y 20 organizaciones, fue auspiciada por la Comisión Europea (CE), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), en cooperación con el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DAHNU), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE).*

**E**ste resumen de los resultados de la Conferencia Internacional conjunta CE/OIEA/OMS titulada: Una década después de Chernobil: Recapitulación de las consecuencias del accidente, celebrada en Viena del 8 al 12 de abril de 1996, se formuló sobre la base de los siguientes textos: informes de actualización y exposiciones básicas, memorias informativas preparadas por grupos de expertos y debates de la Conferencia sobre las mismas, así como las conclusiones de los Presidentes de sesión, para las que también se tuvo en cuenta el material informativo presentado en las memorias en forma de cartel y en la exposición técnica. Dicho resumen no refleja necesariamente las opiniones de los Gobiernos



de los Estados miembros de las organizaciones patrocinadoras.

La Secretaría Conjunta de la Conferencia recomienda que este resumen de sus resultados se utilice como base de las decisiones relativas a la labor y colaboración futuras dirigidas a paliar las consecuencias del accidente de Chernobil.

1. El 26 de abril de 1986 se produjo el accidente más grave de la historia de la industria nuclear en la Unidad 4 de la central nuclear de Chernobil, situada en la ex República de Ucrania de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, cerca de las actuales fronteras de Bielorusia, la Federación de Rusia y Ucrania. El reactor quedó destruido y durante los siguientes diez días, aproximadamente, se emitieron al medio ambiente grandes cantidades de sustancias radiactivas.

## RESPUESTA INICIAL

2. Hubo que adoptar medidas de emergencia con el fin de controlar la emisión de sustancias radiactivas, cuidarse de los escombros despedidos por el reactor, y construir luego una estructura de contención de los restos del núcleo del reactor, el llamado "sarcófago", que quedó terminada en noviembre de 1986.

3. Las actividades de respuesta al accidente fueron llevadas a cabo por un gran número de trabajadores ad hoc, incluido personal operador de la central, voluntarios de emergencia como bomberos, y personal militar, así como numeroso personal no profesional. A todas estas personas se las designó con el término ruso likvidator. Alrededor de 200.000 "liquidadores" trabajaron en la región de Chernobil durante el período de 1986 a 1987 en que la exposición a las radiaciones fue más elevada. Formaban parte de unas 600.000 u 800.000 personas que, según los registros, intervinieron en las actividades relacionadas con la mitigación de las consecuencias del accidente. Estas cifras incluyen las personas que participaron en las operaciones de limpieza tras el accidente (comprendida la limpieza alrededor del reactor, la construcción del sarcófago, la descontaminación, la construcción de carreteras, y la destrucción y enterramiento de edificios, bosques y equipo contaminados), así como numeroso personal corriente que trabajó en los territorios llamados "contaminados" y que en general recibió dosis bajas.

4. Durante el período transcurrido entre el 27 de abril y mediados de agosto de 1986, fueron evacuados de sus viviendas, situadas en la región circundante de la central de Chernobil, alrede-

dor de 116.000 miembros del público, con el propósito de protegerlos de la exposición a la radiación. Se estableció la denominada "zona prohibida", que abarcaba los territorios con las tasas de dosis más elevadas, a la que se vedó el acceso público. Esta prohibición continuó en los países independientes sucesores, Bielorusia y Ucrania, tras la disolución de la Unión Soviética. La zona prohibida abarca en total 4.300 km<sup>2</sup>.

## EMISIONES<sup>1</sup>

5. En la actualidad se estima que la actividad global de todas las sustancias radiactivas emitidas en el accidente fue de aproximadamente  $12 \times 10^{18}$  Bq, incluidos unos  $6-7 \times 10^{18}$  Bq debidos a gases nobles. Fueron emitidos al exterior el 3-4%, aproximadamente, del combustible usado en el reactor en el momento del accidente así como el 100% o poco menos de los gases nobles y el 20-60% de los radionucleidos volátiles. Esta estimación actual de la actividad de las sustancias emitidas es más elevada que la estimación notificada en 1986 por las autoridades soviéticas, que se efectuó sumando la actividad de las sustancias depositadas en los países de la ex URSS. Con todo, esta revaluación del término fuente no altera las estimaciones de las dosis individuales.

<sup>1</sup> La cantidad de un radionucleido determinado se expresa en función de la magnitud denominada "actividad", que corresponde al número de transformaciones nucleares espontáneas por unidad de tiempo que emiten radiaciones. Su unidad es la inversa de un segundo (s<sup>-1</sup>) denominada becquerel (Bq).

6. La composición en radionucleidos del material liberado en el accidente fue compleja. Los radisótopos del yodo y del cesio son de máxima importancia radiológica: los del yodo, de período corto, tuvieron el mayor impacto radiológico a corto plazo; los del cesio, con sus períodos del orden de decenas de años, producen dicho impacto a largo plazo. Las estimaciones de la actividad de las cantidades de radionucleidos clave emitidos son las siguientes:  $^{131}\text{I}$ :  $\sim 1,3-1,8 \times 10^{18}$  Bq;  $^{134}\text{Cs}$ :  $\sim 0,05 \times 10^{18}$  Bq;  $^{137}\text{Cs}$ :  $\sim 0,09 \times 10^{18}$  Bq. Estos valores corresponden, aproximadamente, al 50-60% del  $^{131}\text{I}$  contenido en el núcleo del reactor en el momento del accidente y al 20-40% de los dos radisótopos del cesio indicados.

### DEPÓSITO DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS

7. Las sustancias emitidas a la atmósfera, tras una gran dispersión, se depositaron en la superficie terrestre. Fue posible su medición en prácticamente todo el hemisferio norte. La mayor parte de ellas se depositaron en la región circundante del emplazamiento de la central, variando

ampliamente la densidad de estos depósitos. Se estimó que las zonas de los territorios circundantes de Bielorusia, Rusia y Ucrania en que se midieron niveles de actividad del  $^{137}\text{Cs}$  superiores a 185 kBq/m<sup>2</sup> tenían una extensión de 16.500 km<sup>2</sup>, 4.600 km<sup>2</sup> y 8.100 km<sup>2</sup> respectivamente.

### DOSIS DE RADIACIÓN

8. Las 200.000 personas que participaron en 1986-1987 en la "liquidación" de las consecuencias del accidente recibieron dosis promedio del orden de 100 mSv<sup>2</sup>. Alrededor del 10% recibieron dosis del orden de 250 mSv, un porcentaje pequeño recibió dosis de más de 500 mSv, en tanto que posiblemente varias decenas de personas que respondieron inicialmente al accidente recibieron dosis potencialmente letales de unos pocos miles de milisieverts.

9. Las 116.000 personas que fueron evacuadas de la zona prohibida en 1986 ya habían quedado expuestas a la radiación. Menos del 10% habían recibido dosis de más de 50 mSv, y menos del 5%, dosis de más de 100 mSv.

10. Los radisótopos del yodo emitidos causaron dosis de radiación a la glándula tiroideas. El yodo fue absorbido en el torrente sanguíneo, en general a causa de la ingestión de alimentos, principalmente leche contaminada, así como por inhalación de la nube radiactiva inicial, y se acumuló en la glándula tiroideas. Se previó que las dosis a esta glándula serían particularmente elevadas en comparación con las correspondientes a otros órganos del cuerpo, especialmente en el caso de los niños. Se facilitaron para la Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobil celebrada en Viena en 1986, el Proyecto Internacional de Chernobil (llevado a cabo en 1990 a fin de determinar si podía proseguir la vida con seguridad en los territorios contaminados), y para todas las demás evaluaciones internacionales realizadas hasta la fecha, estimaciones de dosis equivalentes al tiroides estimadas (efectuadas principalmente en base a las mediciones notificadas de 150.000 personas en Ucrania y también en Bielorusia y la Federación de Rusia) de hasta varios sieverts o más<sup>3</sup>. Sin embargo, no fue posible realizar una verificación internacional independiente de la dosis absorbida al tiroides notificada.

<sup>2</sup> La magnitud denominada dosis de radiación es una medida de la energía de la radiación absorbida por los tejidos por unidad de masa de tejido ponderada con respecto a la efectividad del tipo de radiación y la radiosensibilidad frente a las radiaciones de los diversos tejidos del cuerpo. Su unidad es el sievert (Sv), con un submúltiplo, el milisievert (es decir una milésima de sievert) (mSv). Como término de comparación, la dosis promedio de radiación anual mundial debida a la radiación natural de fondo es 2,4 mSv, con variaciones geográficas considerables. Por lo tanto, a lo largo de una vida tipo de 70 años un individuo acumula una dosis promedio de  $2,4 \text{ mSv} \times 70 \approx 170 \text{ mSv}$  debida a la radiación natural de fondo.

<sup>3</sup> Las dosis a órganos específicos se expresan usualmente en grays (Gy) para el tipo de radiación en cuestión, una dosis de un Gy al tiroides corresponde a una dosis al tiroides equivalente (ponderada) de 1 Sv.



11. El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) evaluó las dosis a largo plazo a la población de diversos países del hemisferio norte causadas por el accidente, incluidas las dosis promedio en distintos países. El UNSCEAR estimó que las dosis individuales fuera de la ex URSS resultantes del accidente fueron las siguientes: la dosis promedio nacional más alta correspondiente al primer año fue 0,8 mSv; la dosis comprometida promedio más alta para la región europea en el período de 70 años que finaliza en 2056 se estimó en 1,2 mSv. En el Proyecto Internacional de Chernobil se estimó que las dosis comprometidas más altas para el período de 70 años que va de 1986 a 2056, en el caso de los habitantes de los territorios más contaminados, eran del orden de 160 mSv. Estudios recientes más detallados han dado resultados similares. Para el período comprendido entre 1996 y 2056, las dosis comprometidas a los habitantes de las zonas con una densidad de contaminación de 185-555 kBq/m<sup>2</sup> serán típicamente del orden de 5-20 mSv; en cuanto a los habitantes de zonas con una densidad de contaminación de 555-1.480 kBq/m<sup>2</sup>, las dosis durante dicho período serán del orden de 20-50 mSv, debidas principalmente a la exposición externa. Ahora bien, en las localidades en que existen coeficientes particularmente altos de transferencia del suelo a los artículos alimenticios, la exposición interna a la población puede por sí sola exceder de 50 mSv a lo largo de los 70 años.

## EFECTOS OBSERVADOS CLÍNICAMENTE

12. Se consideró que un total de 237 personas expuestas ocupacionalmente sufrían síndromes clínicos atribuibles a la exposición a la radiación y fueron hospitalizadas. En 134 casos se diagnosticó el síndrome de radiación agudo. De estos 134 pacientes, 28 murieron a consecuencia de radiolesiones, todos ellos en los tres primeros meses. Dos personas más habían muerto en la unidad 4 a causa de lesiones no relacionadas con la radiación (hubo una muerte adicional que se consideró debida a una trombosis coronaria). Las lesiones gastrointestinales constituyeron un problema grave causando con rapidez alteraciones letales en la función intestinal de 11 pacientes que habían recibido dosis superiores a 10 Gy. La muerte de 26 de los 28 pacientes que fallecieron estuvo relacionada con lesiones cutáneas que afectaban a más del 50% de la superficie total del cuerpo. Después de la fase aguda, murieron otros 14 pacientes en los últimos 10 años; sin embargo, su muerte no guarda correlación con la gravedad inicial del síndrome de radiación agudo y, por lo tanto, no es necesariamente --en algunos casos no lo es con certeza-- directamente atribuible a la exposición a la radiación.

13. Sin duda los pacientes recibieron el mejor tratamiento posible, con arreglo a los conocimientos de entonces, en el centro de mayor experiencia que existía. Pese a todo, la terapia de

trasplante de médula ósea recomendada en esa época resultó poco beneficiosa. Con los conocimientos de hoy día, esto es fácilmente comprensible en vista de los riesgos inmunológicos que implica el procedimiento, de la heterogeneidad de las características de exposición y de otras complicaciones debidas a los daños radioinducidos tales como lesiones cutáneas o gastrointestinales que fue imposible tratar. En el futuro el mejor tratamiento posible de daños a la médula ósea es la administración inmediata de factores de crecimiento hemopoyético. De todos modos, aún están por determinar la combinación y dosificación óptimas de los mismos. Para otros daños radioinducidos se dispone ahora de nuevos instrumentos de diagnóstico que pueden facilitar un pronóstico más exacto y un tratamiento más adaptado a cada caso particular.

14. En la actualidad los pacientes afectados más gravemente sufren múltiples dolencias, incluidos los efectos de la angustia mental, y necesitan tratamientos avanzados y medidas preventivas contra los efectos secundarios. Es preciso asegurar la asistencia médica a esos pacientes, y su estado de salud debe vigilarse durante las tres o cuatro décadas venideras. En el contexto de los cuadros clínicos que se presenten será importante distinguir entre los que sean atribuibles a la exposición a la radiación y los que se deban a factores causantes de confusión, inherentes a las poblaciones afectadas por el accidente.

## EFECTOS EN EL TIROIDES

15. La única prueba clara hasta la fecha de efectos sobre la salud pública causados por la exposición a la radiación resultante del accidente de Chernobil es un aumento muy pronunciado de la incidencia del cáncer de tiroides entre las personas de las zonas afectadas que eran niños en 1986. (En el informe sobre el Proyecto Internacional de Chernobil, redactado en 1991, se dice que "se prevé para las próximas décadas un exceso de casos de cáncer de tiroides debido a la radiación. Este riesgo guarda relación con las dosis al tiroides recibidas en los primeros meses después del accidente ..."<sup>4</sup>.) El aumento de la incidencia se ha observado en Bielorusia y en menor grado en Ucrania y la Federación de Rusia. El número de casos señalados hasta el fin de 1995 es de aproximadamente 800 en niños que tenían menos de 15 años en el momento del diagnóstico; más de 400 de estos casos se produjeron en Bielorusia. En la mayor parte de ellos el diagnóstico ha sido confirmado por expertos internacionales.

16. Este aumento se ha observado en los niños que nacieron antes del accidente o en los seis meses siguientes; la incidencia del cáncer de tiroides en los niños nacidos más de seis meses después del accidente desciende drásticamente hasta los bajos niveles que son de esperar en las poblaciones no expuestas. Además, los casos de cáncer de tiroides

se dan en su mayor parte en las zonas que se piensa han sido contaminadas por yodo radiactivo a consecuencia del accidente. Así pues, tanto la distribución cronológica como la geográfica indican claramente que existe una relación entre el aumento de la incidencia y la exposición a la radiación resultante del accidente de Chernobil. Además, como la glándula tiroides concentra el yodo, se supone que los agentes causantes del aumento de la incidencia del cáncer de tiroides en los niños son uno o más radisótopos de dicho elemento.

17. En el momento de la presentación, la mayoría de los tumores del tiroides se encontraban en fase avanzada, con invasión de tejidos situados fuera de la glándula y/o metástasis en nódulos linfáticos así como, menos frecuentemente, metástasis distantes. Esta comprobación demuestra claramente que los aumentos observados sólo se podían atribuir en escasa medida al mayor grado de detección debido a los exámenes médicos.

18. La patología de prácticamente todos estos casos de cáncer muestra que se trata de carcinomas papilares, muchos de ellos con características inusuales de crecimiento sólido/folicular. El tipo de alteraciones moleculares estudiadas hasta ahora no presenta grandes diferencias con respecto a los tumores del mismo tipo en tiroides no expuestos a radiación. Sin embargo, estas alteracio-

nes son más frecuentes en los tumores de tiroides expuestos a radiación.

19. El análisis por edades en el momento de la exposición confirma la hipótesis de que los niños de muy corta edad son los más vulnerables. Se considera ahora posible que persista el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides en las personas expuestas cuando eran niños pequeños. Esto podría incrementar la frecuencia de este cáncer en el grupo afectado, en el futuro, exigiendo recursos adecuados para tal eventualidad.

20. En la actualidad, el período mínimo de latencia entre la exposición y el diagnóstico de cáncer de tiroides parece ser de alrededor de cuatro años. Este período es algo menor que el previsto en base a experiencias anteriores relacionadas con la exposición aguda a la radiación externa.

21. Hasta la fecha solamente tres niños, del conjunto de casos diagnosticados, han muerto por cáncer de tiroides. Estos cánceres papilares tiroideos en los niños, posteriores a Chernobil, a pesar de su agresividad, parecen responder favorablemente a los métodos terapéuticos normales si éstos se aplican de manera adecuada; ahora bien, por el momento solamente se dispone de datos de seguimiento relativos a un corto período. Es, pues, necesario hacer un seguimiento completo y continuo

<sup>4</sup> INTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE, *The International Chernobyl Project: Technical Report, Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures, Part F: Health Impact, Section 3.11.3, pág. 389.*



de los niños afectados a fin de establecer la terapia óptima. Tras la tiroidectomía es preceptivo administrar L-tiroxina a los niños durante toda la vida.

22. Es muy difícil predecir la magnitud de la incidencia futura del cáncer de tiroides como resultado del accidente de Chernobil. Subsisten incertidumbres en cuanto a las estimaciones de dosis y, aunque no es seguro que el aumento actual de la incidencia se mantenga en el futuro, muy probablemente continuará durante varias décadas. De persistir el elevado riesgo relativo actual, crecerá fuertemente a lo largo de las próximas décadas la incidencia del carcinoma de tiroides en los adultos que recibieron altas dosis de radiación cuando eran niños.

23. En caso de accidente en el futuro, se deberían adoptar, en condiciones estrictamente definidas, medidas acreditadas para la protección de las poblaciones vulnerables contra la exposición del tiroides al yodo radiactivo, tales como evitar el consumo de alimentos contaminados y la profilaxis con yodo mediante la distribución de dosis farmacológicas de yodo estable. En la población de los alrededores de la central de Chernobil es tradicional la carencia de yodo, y se recomienda en todo caso remediar esta carencia consumiendo sal yodada con los alimentos.

### **EFFECTOS SOBRE LA SALUD A LARGO PLAZO**

24. Además del aumento confirmado de la incidencia del cáncer de tiroides en

las personas jóvenes, ciertos informes señalan un crecimiento de la incidencia de enfermedades malignas específicas en algunas poblaciones de territorios contaminados y en los liquidadores. Pero estos informes no son coherentes y los aumentos comunicados pueden reflejar diferencias en el seguimiento de las poblaciones expuestas y un mayor grado de detección tras el accidente de Chernobil; posiblemente sea necesario seguir investigando.

25. La leucemia, enfermedad poco frecuente, es una de las principales causas de preocupación a raíz de una exposición a las radiaciones. Según los modelos de predicción (basados en datos provenientes de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos del Japón y otros) son teóricamente de esperar pocos casos mortales por leucemia radioinducida. El total previsto de muertes adicionales por leucemia sería del orden de 470 entre los 7,1 millones de habitantes de territorios contaminados y "zonas de control estricto", número que sería imposible distinguir de la incidencia espontánea (aproximadamente 25.000 muertes). Entre los 200.000 liquidadores (que trabajaron en 1986 y 1987) el total esperado sería de alrededor de 200 casos mortales frente a una incidencia espontánea de 800 muertes. Con arreglo a los modelos actuales, hubiera sido de esperar que aproximadamente 150 de esos 200 casos más de muerte por leucemia entre los liquidadores hubiesen ocurrido en los primeros diez años después de la exposición, período para el que la incidencia espontánea es de 40. En resumen, hasta la fecha no

se ha detectado un aumento coherente atribuible en la tasa de leucemia ni en la incidencia de cualquier enfermedad maligna que no sea el carcinoma de tiroides.

26. Aplicando los modelos de predicción, se calcula que el número de cánceres mortales causados por el accidente entre los 7,1 millones de habitantes de territorios "contaminados" y "zonas de control estricto", es del orden de 6.600 en los próximos 85 años, frente a una incidencia espontánea de 870.000 muertes por cáncer. Como ya se ha indicado en el informe sobre el Proyecto Internacional de Chernobil, sería difícil distinguir, incluso con estudios epidemiológicos a largo plazo, amplios y bien concebidos, aumentos futuros por encima de la incidencia natural de todos los cánceres, salvo el de tiroides, o efectos hereditarios entre el público.

27. Se han señalado aumentos de la frecuencia en las poblaciones expuestas, y en particular entre los liquidadores, de cierto número de efectos no específicos perjudiciales para la salud, distintos del cáncer. Es difícil interpretar estas observaciones ya que el estado de salud de las poblaciones expuestas es objeto de un seguimiento mucho más intensivo y activo que el de la población en general. Todos estos aumentos, si son reales, también pueden reflejar los efectos del estrés y la ansiedad.

28. Se deben mejorar los registros existentes sobre cáncer y mortalidad basados en la población o, cuando pro-



ceda, se deben establecer tales registros. Además, se deben llevar a cabo estudios específicos para investigar los aumentos señalados en los informes y también los aumentos previstos, en particular de la leucemia entre los liquidadores. Esto se debe hacer usando protocolos diseñados cuidadosamente y aplicados de manera uniforme para analizar los factores causantes de confusión, y posiblemente distinguir sus efectos.

### CONSECUENCIAS PSICOLÓGICAS

29. Durante los últimos diez años se han realizado varios estudios y programas importantes sobre los efectos sociales y psicológicos del accidente de Chernobil y las reacciones con respecto al mismo. Estos estudios han confirmado las observaciones anteriores (entre ellas las del Proyecto Internacional de Chernobil) de que existen importantes trastornos de la salud y síntomas de tipo psicológico en la población afectada por dicho accidente, tales como ansiedad, depresión y diversas afecciones psicósomáticas atribuibles a la angustia mental. Es extremadamente difícil distinguir los efectos psicológicos del accidente de Chernobil de los efectos de las dificultades económicas y de la disolución de la URSS.

30. Los efectos psicológicos del accidente de Chernobil fueron resultado de la falta de información pública, en particular inmediatamente después del accidente, del estrés y el trauma debidos al realojamiento, de la ruptura de las relaciones

sociales, y del temor de que toda exposición a la radiación es perjudicial y puede causar daños en la salud de las personas y la de sus hijos en el futuro. Es comprensible que la gente a la que no se dijo la verdad durante varios años después del accidente continúe siendo escéptica a las declaraciones oficiales y creyendo que las enfermedades de todo tipo que ahora parecen más frecuentes se deban forzosamente a las radiaciones. La angustia causada por esta visión errónea de los riesgos inherentes a la radiación es sumamente dañina para la población.

31. La falta de consenso acerca de las consecuencias del accidente y la politización con que éstas han sido abordadas han producido en la población efectos psicológicos generalizados, graves y duraderos. Estas perniciosas secuelas incluyen sentimientos de desamparo y desesperación, que conducen a la deserción social y a la pérdida de esperanza en el futuro. Tales efectos son prolongados por el interminable debate sobre los riesgos causados por la radiación, las contramedidas y la política social en general, y también por la existencia de cánceres de tiroides atribuidos a las exposiciones iniciales.

32. Existe la necesidad urgente de estimular la confianza en la capacidad personal para dar un cambio positivo a la propia vida, fomentar proyectos en pequeña escala y de tipo comunitario para mejorar la situación local e impulsar las organizaciones que promueven la rehabilitación de la población afectada, aumentar los conocimientos del público

sobre los efectos de la radiación en la salud y sobre protección radiológica, así como de desarrollar, integrar y mantener las redes existentes de autoridades locales, especialistas e investigadores en la esfera social y psicológica.

### CONSECUENCIAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

33. En lo que respecta a las consecuencias directas sobre los animales y las plantas, las dosis de radiación llegaron a ser mortales en algunos ecosistemas locales radiosensibles, especialmente en las coníferas y algunos mamíferos pequeños, en un radio de 10 kilómetros desde el emplazamiento del reactor, en las primeras semanas después del accidente. En el otoño de 1986 las tasas de dosis se habían reducido a la centésima parte. En 1989 el medio ambiente natural de esas localidades había comenzado a recuperarse. No se han observado efectos graves prolongados en la población o los ecosistemas. Está por estudiar la posibilidad de efectos genéticos de larga duración y su importancia.

34. En el caso de las poblaciones humanas, la importancia de la contaminación ambiental depende de las vías de exposición. Las vías principales son la irradiación externa causada por las sustancias radiactivas depositadas en el suelo y la irradiación interna debida a la contaminación de los alimentos. En las primeras semanas después del accidente los radionucleidos de mayor importancia



radiológica fueron los del yodo. Desde 1987, la mayor parte de la dosis radiactiva recibida se debe al  $^{134}\text{Cs}$  y  $^{137}\text{Cs}$ , con una pequeña contribución del  $^{90}\text{Sr}$ , y otra, mínima, del  $^{239}\text{Pu}$ .

35. Varios artículos que forman parte de la dieta normal fueron contaminados por sustancias radiactivas. Poco después del accidente, alimentos básicos como la leche y las hortalizas presentaban niveles de contaminación superiores a los valores que considera hoy día aceptables la Comisión del Códex Alimentarius OMS/FAO, fijados como niveles de contaminación máximos admisibles para los alimentos que son objeto de comercio internacional. (Estos niveles se establecen ahora globalmente en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.) Existen algunos interrogantes con respecto a la eficacia de las medidas de control que se adoptaron en las primeras fases siguientes al accidente.

36. Las contramedidas son relativamente ineficaces para reducir las exposiciones externas pero pueden tener gran efectividad para reducir la absorción de sustancias radiactivas. A largo plazo, la aplicación adecuada de contramedidas en agricultura puede reducir de manera eficaz la absorción de cesio por los alimentos. La cuestión de cuáles son las contramedidas más adecuadas y su eficacia depende mucho de condiciones locales tales como el tipo de suelo. Por ejemplo, en algunas localidades en las

que la cantidad de cesio depositado en el suelo fue relativamente pequeña, la transferencia a leche pudo, sin embargo, alcanzar valores altos. En general, ningún alimento producido en granjas colectivas sobrepasa actualmente los niveles del Códex Alimentarius OMS/FAO, aunque algunos de los artículos que producen los agricultores privados sí los sobrepasan.

37. El medio ambiente seminatural, es decir con características intermedias entre las de las tierras dedicadas a la agricultura y las de los medios naturales, puede tener una influencia predominante en los niveles de las dosis futuras a la población humana. El factor de transferencia de los radionucleidos del suelo a la leche de vacas que pastan en praderas varía en un intervalo de varios centenares, según el tipo de suelo. Algunos productos alimenticios derivados de animales que pastan en prados seminaturales, bosques y zonas montañosas, así como los alimentos de origen silvestre (por ejemplo, la caza, las bayas y las setas) continuarán mostrando niveles de  $^{137}\text{Cs}$  que sobrepasen los del Códex Alimentarius --en algunos casos con gran diferencia-- durante las próximas décadas y es probable que sean una causa principal de dosis internas en el futuro.

38. Las tasas de dosis locales debidas a los materiales radiactivos enterrados en el emplazamiento de Chernobil pueden ser considerables. Además, para la gestión metódica de los depósitos provisionales de residuos radiactivos del accidente, se deberían estudiar las

posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas locales a la larga.

## **EFFECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS, INSTITUCIONALES Y POLÍTICOS**

39. Entre 1990 y el fin de 1995 las autoridades decidieron seguir reasentando a la población en Ucrania (alrededor de 53.000 personas), Bielorusia (alrededor de 107.000 personas) y Rusia (alrededor de 50.000 personas). La evacuación y el reasentamiento han creado una serie de problemas sociales graves vinculados a las dificultades y pruebas que supone la adaptación a nuevas condiciones de vida.

40. Los indicadores demográficos de las regiones "contaminadas" han empeorado: la tasa de natalidad ha descendido y la población activa emigra de las zonas "contaminadas" a las "no contaminadas", creando escasez de mano de obra y personal profesional.

41. Las medidas de control impuestas por las autoridades para limitar la exposición a la radiación en los territorios "contaminados" suponen también una limitación de las actividades industriales y agrícolas. Además, la actitud de la población en general hacia los productos provenientes de zonas "contaminadas" hace difícil la producción para la venta o la exportación, con lo que disminuyen los ingresos locales.

42. Las restricciones a las actividades habituales de la población hacen que la

vida cotidiana sea difícil y penosa. En los últimos años se han tomado medidas importantes de rehabilitación. Sin embargo, es necesario facilitar al público más y mejor información sobre las disposiciones adoptadas para limitar las consecuencias del accidente, los actuales niveles de radiación y las concentraciones de radionucleidos medidas en los alimentos.

43. Las condiciones sociales y económicas de la población que vive y trabaja en los territorios "contaminados" dependen en gran medida de los subsidios públicos. Si hubiera que reconsiderar el sistema de indemnizaciones en vigor, algunos de los fondos se podrían canalizar hacia nuevos proyectos industriales y agrícolas.

44. Las consecuencias del accidente de Chernobil y las medidas adoptadas en respuesta, agravadas por los cambios políticos, económicos y sociales de los últimos años, han originado un empeoramiento de la calidad de vida y la salud pública así como efectos desfavorables en la actividad social. La situación se complicó aún más en los años posteriores al accidente por la insuficiencia e inexactitud de la información pública sobre las consecuencias del siniestro y las medidas para su mitigación.

## SEGURIDAD NUCLEAR

45. La causa principal del accidente de Chernobil reside en la coincidencia de

deficiencias graves en el diseño del reactor y el sistema de parada con la violación de los procedimientos de explotación. La inexistencia de una "cultura de la seguridad" en las organizaciones competentes de la Unión Soviética originó la incapacidad de remediar esos defectos de diseño, pese a ser éstos conocidos antes del accidente.

46. Además de estos factores directamente relacionados con las causas del accidente, el diseño original de las centrales equipadas con reactores RBMK (reactores soviéticos refrigerados por agua ligera y moderados por grafito) tenía otras deficiencias. En particular, el diseño original de la primera generación de reactores RBMK no alcanza los objetivos actuales de seguridad. También hay que dedicar más atención a las restantes deficiencias, como la de la contención parcial.

47. Según un enfoque dinámico en materia de seguridad, todas las centrales nucleares que no alcanzan un nivel de seguridad internacionalmente aceptable tienen que mejorarse adecuadamente o deberían pararse. En septiembre de 1991, la Conferencia del OIEA sobre seguridad de la energía nucleoelectrica: Estrategia para el futuro, expresó su consenso de que las normas de seguridad<sup>5</sup> de las centrales ya antiguas en funcionamiento deberían cumplir razonablemente los objetivos actuales de seguridad. Para garantizar un nivel aceptable de seguri-

dad de las instalaciones nucleares y promover la confianza de la opinión pública en la energía nuclear, sigue siendo de importancia primordial el empeño activo de alcanzar esa meta.

48. En los últimos diez años se ha adoptado un número considerable de medidas reparadoras para aumentar la seguridad nuclear de las centrales provistas de reactores RBMK: inmediatamente después del accidente de Chernobil se tomaron medidas de tipo técnico y organizativo, realizándose también mejoras de la seguridad entre 1987 y 1991, las cuales pusieron fundamentalmente remedio a las deficiencias de diseño que contribuyeron al accidente. Asimismo se han realizado progresos en esferas tales como dirección de las centrales, capacitación de personal, ensayos no destructivos y análisis de la seguridad. Como resultado de ello, parece que ya no es prácticamente posible la repetición de un accidente con el mismo escenario. Pese a ello, no puede descartarse la posibilidad de otros accidentes que originen emisiones considerables.

49. Algunas de las preocupaciones en materia de seguridad podrían también centrarse en otros reactores diseñados con arreglo a normas más bien antiguas, si no se han efectuado en ellos las mejoras adecuadas. La importancia que tienen al respecto los exámenes periódicos de la seguridad está ampliamente reconocida.

<sup>5</sup> *The Safety of Nuclear Power: Strategy for the Future (Proc. Conf. Viena, 2 a 6 de Septiembre de 1991), OIEA, Viena (1992).*



50. Existen planes para introducir en todas las centrales RBMK nuevas mejoras de la seguridad y subsanar las deficiencias de diseño de este tipo de reactor no directamente relacionadas con el accidente de Chernobil. La ejecución de estos planes se está retrasando más de lo debido porque los países en cuestión carecen de los recursos necesarios.

51. La realización expedita de lo que se acordó que era necesario y ya se ha planificado reviste la máxima prioridad tanto para los programas nucleares nacionales como para la cooperación internacional:

- hay que llevar a cabo las mejoras de la seguridad necesarias independientemente de que se esté considerando una pronta clausura de las centrales;
- hay que dedicar más recursos a aumentar la seguridad de las centrales RBMK actualmente en funcionamiento;
- debe reforzarse la posición de las autoridades reguladores nacionales y de sus organizaciones de apoyo.

52. Al igual que en otras unidades RBMK, también se realizaron en la central de Chernobil readaptaciones a posteriori. Sin embargo, las inquietudes acerca de la seguridad de las unidades RBMK no sólo se deben a las restantes deficiencias genéricas de diseño, sino también a la calidad del equipo.

53. La decisión de las autoridades ucranianas de cerrar las restantes unidades de Chernobil no es motivo para desatender la necesidad de medidas y readaptaciones a posteriori para su seguridad durante el tiempo de funcionamiento que les queda.

### EL SARCÓFAGO

54. El sarcófago que se construyó alrededor del reactor destruido contiene actualmente unas 200 toneladas de combustible irradiado y no irradiado, mezclados con otros materiales en formas diversas, principalmente en forma de polvo. Se estima que la actividad total de estos materiales es de  $700 \times 10^{15}$  Bq de radionucleidos de período largo. El sarcófago ha cumplido durante los últimos 10 años los objetivos establecidos con fines protectores. A largo plazo, sin embargo, su estabilidad y la calidad de su contención son dudosas. El hundimiento de la construcción podría originar una emisión de polvo radiactivo y la exposición del personal que trabaja en el emplazamiento a la radiación. Sin embargo, incluso en el peor de los casos, no serían de esperar efectos de gran extensión (en un radio de más de 30 km).

55. Se ha comprobado que el sarcófago es actualmente seguro desde el punto de vista de un fenómeno de criticidad. No puede descartarse completamente la existencia de configuraciones de masas de combustible dentro del sarcófago que pudieran alcanzar un estado crítico si

entraran en contacto con agua. Sin embargo, incluso aunque un fenómeno de este tipo produjera niveles de radiación elevados dentro del sarcófago, no serían de esperar emisiones grandes fuera del emplazamiento. Es necesario aclarar los efectos que podría tener una situación de este tipo sobre el personal del emplazamiento.

56. Las opiniones difieren mucho sobre la importancia del riesgo de accidente en la Unidad 3 de Chernobil a causa del hundimiento del sarcófago. Se requieren investigaciones más detalladas sobre este asunto.

57. La seguridad de las restantes unidades y la estabilidad del sarcófago no son las únicas cuestiones importantes que quedan por resolver en el emplazamiento de Chernobil. Existen otras preocupaciones debidas a las posibilidades de contaminación, especialmente por el material radiactivo enterrado en el emplazamiento. Estas cuestiones están interrelacionadas, por lo que es preciso un enfoque integral para resolverlas. La propuesta de construir una segunda protección por encima del sarcófago debería ser parte de dicho enfoque. Las actividades financiadas por la Comisión Europea en esta esfera han contribuido a lograr ese enfoque integral. Ahora es menester generalizarlo con un aprovechamiento más eficaz de los conocimientos técnicos de las organizaciones competentes de la antigua URSS. Para cerciorarse de la seguridad ecológica del sarcófago son necesarias actividades de investigación y desarrollo de un diseño adecuado y su construcción.

58. Un procedimiento basado en consideraciones de costos-beneficios exige adoptar medidas apropiadas, en consonancia con el avance de los estudios y con la situación financiera. La primera medida debería ser la estabilización del sarcófago existente. Con ello se reduciría significativamente el riesgo de hundimiento y se ganaría el tiempo necesario para una cuidadosa planificación de otras medidas (como sería una segunda protección).

### PERSPECTIVAS Y PRONÓSTICO

59. La rehabilitación plena de la zona prohibida no es posible actualmente debido a: la existencia de "puntos calientes" de contaminación cerca de las áreas habitadas; la posibilidad de contaminación radiactiva local de las aguas subterráneas; el riesgo derivado del posible hundimiento del sarcófago, y las restricciones estrictas impuestas al régimen de alimentación y al estilo de vida.

60. Toda estimación del número total de cánceres mortales y no mortales atribuibles al accidente debe interpretarse con precaución en vista de las incertidumbres inherentes a las suposiciones en que esa estimación debe basarse. Con todo, las proyecciones de este tipo ofrecen una perspectiva de la magnitud de los efectos a largo plazo y son útiles para precisar los temas que requieren atención especial, tanto ahora (por ejemplo, la incidencia de la leucemia entre los liquidadores y del cáncer de tiroides entre los niños residentes en zonas "contaminadas") como en el futuro.

61. Hay una gran discrepancia entre el número de cánceres de tiroides que se manifiestan en los que eran niños en el momento del accidente y el número de dichos cánceres pronosticado en base a modelos estándar de dosimetría del tiroides y de proyección de riesgos a partir de un momento dado. Esta diferencia puede ser resultado de varios factores propios del accidente, no incorporados típicamente en los modelos estándar. Es importante aclarar estas cuestiones así como continuar los programas de detección de tumores tiroideos.

62. Lo más probable es que continúe, durante varios decenios, el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides. Aunque no es posible predecirlo con certeza en base a los datos actuales, el número estimado de cánceres de tiroides que es de esperar entre los que eran niños en 1986 es del orden de unos pocos miles. El número de casos mortales debería ser muy inferior a éste, si el cáncer se diagnostica precozmente y el tratamiento es apropiado. Estas personas deben continuar siendo cuidadosamente observadas de por vida.

63. A pesar de los amplios conocimientos científicos y médicos adquiridos sobre los efectos de las radiaciones, subsisten importantes interrogantes sobre los efectos de la radiación en la salud humana. Es necesario seguir impulsando las investigaciones de los efectos biológicos de la radiación.

64. Diferentes factores, como una situación económica difícil, están tenien-

do un pronunciado efecto sobre la salud de la población en general, incluidos los diversos grupos expuestos a causa del accidente. Las estadísticas de las poblaciones expuestas se están examinando bajo el prisma del claro aumento general de la morbilidad y la mortalidad en los países de la antigua Unión Soviética, al objeto de evitar la interpretación errónea de estas tendencias atribuyéndolas al accidente.

65. La forma en que la opinión pública ve los efectos presentes y futuros del accidente quizá resulte exacerbada por las difíciles circunstancias socioeconómicas existentes entonces en la URSS, por las contramedidas que las autoridades tomaron para minimizar las consecuencias del accidente y por la impresión que causan en el público los riesgos derivados de los persistentes niveles de contaminación radiactiva.

66. La experiencia resultante de anteriores accidentes no relacionados con la radiación muestra que los efectos psicológicos pueden persistir largo tiempo. De hecho, diez años después del accidente de Chernobil, la evolución de los síntomas no ha finalizado. Puede esperarse que la importancia de estos efectos disminuya con el tiempo. Sin embargo, el permanente debate sobre los riesgos de la radiación y las contramedidas, junto con el hecho de que se están manifestando ahora los efectos de las exposiciones iniciales (por ejemplo, el aumento significativo de los cánceres de tiroides entre los niños), hará quizás que se prolonguen los síntomas. A la



hora de evaluar los efectos psicológicos, deben considerarse las consecuencias también psicológicas del desmembramiento de la URSS, y cualquier previsión que se haga debe tener en cuenta las circunstancias económicas, políticas y sociológicas de los tres países. Los síntomas tales como la ansiedad vinculada al estrés pueden ser una

de las principales secuelas legadas por el accidente.

67. En vista del bajo riesgo que conllevan los niveles de radiación existentes en la mayoría de las zonas "contaminadas", las ventajas de los futuros esfuerzos por reducir aún más las dosis al público pesarían menos que los efectos

negativos de índole económica, social y psicológica. Es importante elaborar una estrategia que tenga en cuenta tanto el riesgo radiológico real como las desventajas económicas, sociales y psicológicas al objeto de sacar el mayor beneficio neto en términos humanos. Además, deberían estudiarse medidas que mitiguen los efectos psicológicos.

Entrevista a José Luis Butragueño, Subdirector de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear

## “España ha conseguido un alto nivel en protección radiológica, comparable al de los mejores países”

De todos es conocido el nombre de José Luis Butragueño, actual Subdirector General de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear. Físico de formación, inició su trayectoria profesional en la Junta de Energía Nuclear (JEN) en 1965, donde realizó trabajos de diseño de instrumentación de medida de radiaciones y de física de neutrones rápidos, hasta 1974 en que pasa a trabajar al Departamento de Seguridad Nuclear. En 1980, cuando se crea el Consejo de Seguridad Nuclear pasa a formar parte del Grupo de Técnicos del CSN, siendo nombrado en el año 1984 Jefe de Servicio de Instalaciones Nucleares en Operación. Su tercera década profesional está dedicada a la protección radiológica, iniciándose en el año 1986, cuando es nombrado Subdirector General de Protección Radiológica del CSN. También es Especialista en Dirección General de Empresas por la Universidad Politécnica de Madrid (CEPADE) y por el Instituto de Estudios Superiores de la Empresa (IESE).



**P**regunta: ¿Podría explicarnos cuál es el organigrama de la Subdirección General de Protección Radiológica y qué misiones tiene encomendadas esta Subdirección?

**Respuesta:** Para explicar el organigrama de esta Subdirección es necesario, previamente, hacer un comentario relativo a la Dirección Técnica del CSN. Esta Dirección funciona en régimen matricial, es decir, hay Subdirecciones cuya misión es la gestión de proyectos, las Centrales Nucleares, las Instalaciones Radiactivas o los proyectos del Ciclo del Combustible. Otras, tienen un cometido técnico más especializado y elaboran informes técnicos en el ámbito de su especialidad. En este grupo se ubica la

Subdirección General de Protección Radiológica, en la que aproximadamente el 60% del trabajo se hace sobre temas solicitados desde los proyectos, dentro del régimen matricial, y el otro 40% a temas específicos, todo ello naturalmente en relación con la protección radiológica.

El cometido general asignado a esta Subdirección es la vigilancia y desarrollo de la protección radiológica en dos grandes ámbitos: aquéllos referidos a los trabajadores profesionalmente expuestos y, por otro lado, al público y al medio ambiente. Asimismo tenemos encomendada la promoción de Normas y Planes de I+D en materia de Protección Radiológica. La estructura interna de la Subdirección comprende, consecuentemente, tres áreas de trabajo.

**P:** ¿Cuáles son las competencias asignadas a cada una de las áreas de esta Subdirección?

**R:** Una de las áreas se dedica a la protección radiológica de los trabajadores, es decir, vigilar que los ámbitos de trabajo estén ausentes de riesgos radiológicos indebidos. Esto comprende la protección radiológica ocupacional, el control dosimétrico y la vigilancia médica de los trabajadores. Otra área cubre los aspectos relativos al público y medio ambiente y comprende las funciones relativas a la vigilancia y control de efluentes radiactivos de las instalaciones y la vigilancia radiológica del medio ambiente. La tercera área de Normas e Investigación y Desarrollo en



Protección Radiológica tiene que ver con las actividades relacionadas con estos temas, con el fin de conseguir la mejor aplicación del Sistema de Protección Radiológica vigente en nuestro país y mantenernos a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos en materia de protección Radiológica.

**P: ¿Cuál es la participación española en la Unión Europea y en general en los Foros Internacionales?**

**R:** Esta Subdirección participa de modo habitual en el Grupo de Expertos del Artículo 31 de la UE, en el Comité de Protección Radiológica de la NEA (CRPPH) y en el reciente Comité Asesor de Normas de Protección Radiológica (RASSAC) del OIEA, aunque quiero destacar que, lógicamente, esta presencia española se extiende a otros varios organismos interesados en los trabajos que se plantean en estos foros. Esta participación supone, por un lado, la presencia en los grupos en donde surgen y se discuten los desarrollos más actuales en Protección Radiológica y, por otro, son una fuente de orientación para nuestros propios trabajos en el CSN. Además, los temas tratados en estos foros revierten con frecuencia en la elaboración de documentos técnicos para su aplicación a nivel nacional.

**P: La elaboración de Normativa u otros documentos técnicos ¿es siempre iniciativa del propio CSN, o se admiten propuestas de otras organizaciones o sociedades científicas?**

**R:** El CSN es un organismo dinámico y completamente abierto a propuestas del exterior y que promueve de modo general programas de colaboración.

Un documento remitido al CSN sobre un determinado asunto técnico de interés es

analizado por el grupo técnico correspondiente y, en su caso, endosado y utilizado como referencia técnica en los procesos de licenciamiento.

Como ejemplo puedo citar el Manual de Protección Radiológica editado por el INSALUD o el documento sobre la gestión de residuos radiactivos en instalaciones de investigación y, muy recientemente, el Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico.

**P: ¿Cuál es la función de la Subdirección en el Area de Investigación y Desarrollo?**

**R:** El CSN, como bien se sabe, no es un organismo de investigación, pero entre sus funciones sí figura la promoción de estas actividades. El Plan de Investigación Quinquenal del CSN considera tanto los Planes de I+D de Seguridad Nuclear como de Protección Radiológica. A esta Subdirección se le asigna la función de gestionar los Planes en materia de Protección Radiológica, que supone, en general, colaborar con un centro científico para el desarrollo de una línea de investigación concreta, propuesta por ese mismo centro, o bien promocionar el inicio de algún programa de investigación que ha sido propuesto desde el propio CSN. Es decir, el CSN colabora en temas que proponen los centros de investigación de nuestro país y propone líneas de investigación propias, todo ello, naturalmente, en aquellos campos que constituyen la base técnica para el ejercicio de sus competencias.

**P: Antes de analizar la Nueva Directiva 96/29 del EURATOM por la que se establecen las Nuevas Normas Básicas relativas a la Protección Radiológica de los trabajadores y de**

**la población, ¿podría hacernos una breve reseña histórica de la misma?**

**R:** En el año 1980 la Comunidad Europea promulgó las Normas Básicas de Protección Radiológica, que sirvieron como base de nuestro Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. En 1990, como todos saben, se publica la Recomendación nº 60 de ICRP, documento que recoge los últimos desarrollos en protección radiológica e incorpora cambios significativos en esta materia. La Unión Europea, haciéndose eco de esta publicación, consideró adecuado revisar con cierta profundidad estas Normas Básicas, considerando además su reorientación hacia el establecimiento del mercado único.

El Grupo de Expertos del Artículo 31, como responsable de preparar los borradores previos de este tipo de documentos, inició sus trabajos enseguida de la aparición de ICRP-60, ( en este momento, es de recordar la importante reunión internacional celebrada en Salamanca sobre este tema ), y su primer texto se remitió a la Comisión en 1994. Se inició entonces la discusión en otros foros más políticos, como es el denominado Grupo de Cuestiones Atómicas, donde se puede imaginar que la revisión de las Normas Básicas fue un trabajo realmente difícil, puesto que aquí confluían las opiniones de otros entidades importantes de la Comisión como son el propio Parlamento, el Comité Económico y Social, otros grupos de presión, etc, y surgieron evidentemente numerosas tensiones entre los expertos, cada uno buscando que esta Directiva se adaptara lo más posible a la práctica de la protección radiológica en sus países. Ello dio origen a muchas discusiones y negociaciones que explican el prolongado período necesario para completar el proceso. Por otro lado, la publicación de textos semejantes, como las Normas Básicas del OIEA y la importancia de mantener una coherencia



entre estos documentos también ha sido un factor a considerar en este proceso. La Comisión, por su parte, estaba enormemente interesada en la pronta edición de la Directiva de cara a impulsar, en este campo, la puesta en marcha del mercado único.

**P: ¿Cuál ha sido la aportación de los expertos españoles en este proceso?**

**R:** Ha sido muy importante, contando prácticamente desde el principio con un Grupo Técnico de Apoyo integrado por expertos de las organizaciones más interesadas en estos temas, en el ámbito del Ministerio de Industria. De particular importancia ha sido el trabajo en la última etapa de este proceso, bajo la Presidencia Española de la Unión Europea, durante la cual se consiguió el consenso final. Quiero destacar la intensa dedicación de mi colaborador Ignacio Amor, quien trabajó de forma muy intensa y directa junto a la representación española en Bruselas para conseguir la aceptación por todos del texto final.

**P: Ahora que conocemos el desarrollo de esta Nueva Directiva, ¿cuáles son los cambios más significativos que implicará su aplicación?**

**R:** En primer lugar quiero indicar que se trata de un documento muy positivo que introduce varios aspectos novedosos. La diferencia que establece entre práctica e intervención es un elemento ordenador básico en el desarrollo de la Protección Radiológica. La Directiva muestra una clara reafirmación en los Principios Básicos de la Protección Radiológica, Justificación, Optimización y Limitación de Dosis. Es destacable, dentro del Principio de Optimización, la introducción del concepto de " restricción de dosis " para garantizar la equidad en la protección radiológica de los trabajadores y

del público. Es significativo en la aplicación de este Principio, la búsqueda de un equilibrio para optimizar la disminución de riesgos y los costes globales de protección implicados. El planteamiento de este equilibrio se está convirtiendo en un elemento director en el desarrollo de legislaciones en los países industrializados, no sólo en el caso de riesgos radiológicos, sino en cualquier tipo de riesgos industriales. Por otro lado, la nueva forma de expresar los límites de dosis puede ser lo más llamativo, pero no es lo más importante. Cabe destacar, también, la aparición en esta Directiva de aspectos que no estaban recogidos hasta ahora en la Legislación, tales como los riesgos para los trabajadores debidos a la radiación natural y las exposiciones potenciales. Otros elementos que han sufrido modificación han sido la clasificación de los trabajadores profesionalmente expuestos, así como la clasificación de zonas. También es importante que en la Directiva se establecen los criterios básicos para la gestión de determinados materiales que pueden no necesitar un control regulador, habida cuenta de que el riesgo radiológico es poco significativo. Este enfoque permitirá mejorar la gestión de los residuos radiactivos. Por último, el tratamiento para la gestión de aquellas situaciones que ya implican una exposición a las radiaciones, las intervenciones, supone también un notable avance clarificador para la gestión de estos, en general, difíciles y complejos casos.

**P: ¿A qué sectores profesionales puede afectar más la aplicación de la nueva Directiva?**

**R:** Antes de asumir la Directiva, se fueron analizando los posibles conflictos de aplicación que podría acarrear. En particular, en la modificación de la forma de expresar los Límites de Dosis propuesta por ICRP-60, se hicieron numerosos estu-

dios sobre la repercusión que tendría la aplicación en España y se llegó a la conclusión de que se podrían cumplir razonablemente, excepto en algún caso específico, por ejemplo en la minería o en la radiología intervencionista. Otros temas necesitaron buscar redacciones muy cuidadas del articulado o, como caso un tanto anecdótico, el contenido de las definiciones, que podría hacer que un determinado país se opusiera a todo o que lo aceptara, como fue la definición de los Servicios de Protección Radiológica. El trabajo realizado creo que permitirá realmente que todos los sectores profesionales se vean beneficiados por la publicación de un documento de buena calidad y que facilita y orienta notablemente la aplicación práctica del Sistema de Protección Radiológica de ICRP, el sistema internacionalmente más aceptado.

**P: ¿Puede indicarnos, si dispone de esa información, cómo se va a realizar el proceso de adecuación de nuestra legislación a la nueva Directiva?**

**R:** Todos los países comunitarios disponen de un plazo de cuatro años para adaptar su legislación a la nueva Directiva. En este sentido, en la Subdirección ya se ha creado un Grupo de Trabajo con objeto de elaborar un primer texto del documento legislativo correspondiente. Posteriormente, será sometido a la revisión en el interior del CSN y se iniciarán las consultas que procedan a nivel nacional.

**P: ¿Qué ocurre con el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas de 1972?**

**R:** La revisión de este Reglamento está ya muy avanzada, comenzó hace algún tiempo y se dispone ya de un texto completo, que se ha sometido a la consideración



del Ministerio de Industria. Al mismo, se han incorporado algunos de los temas de tipo administrativo que se plantean en la Directiva.

**P: En líneas generales, ¿qué aspectos relativos a la Protección Radiológica considera que están pendientes de desarrollar?**

**R:** De forma global puedo afirmar que, en España, se ha conseguido, entre todas las instituciones implicadas, un alto nivel en Protección Radiológica, comparable al de los mejores países. Ahora bien, como en cualquier actividad caben desarrollos posteriores de mejora. La nueva Directiva apunta a trabajar en nuevas áreas, tales como la radiación natural, no sólo en los lugares de trabajo, sino también puede abarcar la exposición del público si es significativa. Por otro lado, los resultados del control dosimétrico de los trabajadores, indican un nivel de calidad radiológica ocupacional muy bueno, pero no hay duda de que la optimización de cada práctica, aplicando el concepto de " restricción de dosis ", necesita un desarrollo adicional.

**P: ¿No estaba ya trabajando el CSN en esta área?**

**R:** Efectivamente el CSN ya ha aplicado este concepto a la vigilancia de efluentes. Ahora se está trabajando en el desarrollo de la base técnica y la recogida de datos técnicos que permitan la aplicación del concepto de " restricción de dosis " a la exposición ocupacional.

**P: ¿Se refiere a todo tipo de instalaciones o sólo a las centrales nucleares?**

**R:** En las centrales nucleares es donde más se ha desarrollado, con un objetivo

más ambicioso, implantar, en todos los ámbitos de trabajo, lo que se ha dado en llamar "Cultura de la Seguridad": la asimilación por parte de los directivos y de los trabajadores de que la seguridad nuclear y la protección radiológica constituyen un valor organizacional, es decir, un objetivo a conseguir por la organización, a la vez que busca y trabaja para conseguir sus fines propios, sean estos producir energía eléctrica o curar enfermos con técnicas radiológicas. En algunos casos, este planteamiento ya sido recogido en los documentos de principios de algunas empresas.

**P: ¿Y con respecto al público y al medio ambiente?**

**R:** La protección del público y del medio ambiente ha estado presente desde el principio en la legislación nuclear y se traduce en programas muy exigentes de vigilancia y control de vertidos. Se trata de que la calidad radiológica del medio ambiente se mantenga inalterable por la operación de la instalación.

En esta Subdirección se gestionan los Planes de Vigilancia Radiológica Ambiental, tanto de las Instalaciones Nucleares como a nivel nacional, es decir, aquéllos que no tienen relación con las áreas afectadas por instalaciones nucleares. Esta vigilancia radiológica de suelos, aire, agua, etc, se realiza con la colaboración de otras entidades como el MOPU, CIEMAT y de un número importante de laboratorios pertenecientes a un grupo de Universidades.

**P: ¿Existe la suficiente comunicación entre el CSN y las Instituciones y sociedades científicas?**

**R:** Ya he indicado que es vocación del CSN estar en comunicación permanente con responsables de Instituciones o sociedades científicas. Esta comunicación

se realiza a diferentes niveles institucionales y da lugar a la colaboración de los técnicos del CSN en el desarrollo de trabajos conjuntos, a la colaboración y la participación del CSN en encuentros tales como Seminarios, Congresos nacionales e internacionales o actividades equivalentes. La creciente participación de estas sociedades en la elaboración de documentos técnicos es otro cauce de comunicación.

**P: ¿Qué mensaje quiere enviar a los lectores de RADIOPROTECCION?**

**R:** Quiero agradecer esta oportunidad a la SEPR para insistir en que el mantenimiento y mejora de la calidad de la protección radiológica conseguida, tanto en ámbitos de trabajo como en el medio ambiente en general, considerado como hábitat de todos, es una tarea conjunta que no se puede llevar a cabo de forma unilateral. Al margen de las exigencias legislativas propias del desarrollo social de cada país, que dan lugar a la creación de los llamados organismos reguladores, quiero hacer una llamada a la vocación intrínseca de cada profesional para conseguir este objetivo. Por otro lado, la Sociedad está demandando, con todo derecho, que se le garantice la adecuada protección contra la radiactividad, a la vez, que se beneficia de estas tecnologías, lo que exige de todos la clara conciencia de esta responsabilidad social y el ejercicio riguroso de nuestra profesión. El peligro no es la contestación social a determinadas actividades, sino la falta de rigor y de responsabilidad en su gestión. Quedo a disposición de todos para esta labor, como entiendo lo están todos los profesionales de la Subdirección de Protección Radiológica y del Consejo de Seguridad Nuclear en general.

## NOSTALGIA RADIOLÓGICA DEL PASADO

Ya había conseguido olvidar.

- Olvidar unos viejos y rústicos cálculos sobre los efectos de las bajas dosis de radiación, a pequeñas tasas de absorción.
- Olvidar las estadísticas "humanitarias" —en mi opinión—, empleadas por la "International Commission on Radiological Protection", para justificar las recomendaciones contenidas en su publicación ICRP-60.
- Olvidar aquel mini-artículo, que tras duras penas conseguí publicar en 1991, como: "Carta al Editor", en la revista "Nuclear Europe Worldscan", bajo el título: "ICRP Dose Limits: a Dissenting View" (1).
- Olvidar, en fin, los silencios y reproches recibidos durante, y después de, el IV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, celebrado en 1991 (2), como consecuencia de mi intervención titulada: "Duda Respetuosa sobre las Recomendaciones de la ICRP."

Pero, como en los cuentos de fantasía, "héteme aquí" que, gracias a la amabilidad del entonces Forum Atómico Español, llega a mis manos el documentado artículo: "*The health effects of low-level radiation: Science, data and corrective action*", por Jim Muckerheide ("Nuclear News", septiembre de 1995).

Aconsejaría a los estudiosos de la protección radiológica que le dedicasen algún tiempo. Tal vez, les haría reflexionar en profundidad, antes de asumir completamente, o aceptar ciegamente (si bien hay que acatarlas, por respeto a la autoridad), las recomendaciones de la publicación ICRP-60.

El Sr. Jim Muckerheide tiene una buena tarjeta de presentación. Es ingeniero nuclear, miembro del Consejo Asesor de Gobernadores de Protección Radiológica y preside la División de Biología y Medicina para los efectos sobre la salud de los

niveles de radiación bajos, de la Sociedad Nuclear Americana (ANS). Algo de razón debe de tener o, al menos, lo que escribe debe de estar suficientemente razonado.

El siguiente texto refleja las palabras de presentación del artículo; como puede entenderse, es una traducción de ellas; he procurado interpretar fielmente lo que el autor quiere expresar. No obstante, para posibles incrédulos, desconfiados o, simplemente, curiosos, en una nota, al final del artículo, viene el texto original (3).

"Los actuales datos científicos sobre los efectos a la salud, debidos a radiaciones ionizantes de baja y media intensidad, contradicen el asumido 'modelo' de dosis-respuesta 'lineal, sin umbral'.

El uso del modelo lineal, como base de reglamentos y normas, ha dado lugar:

- a elevados costos públicos, con beneficios despreciables, o nulos, a la sociedad; y,
- a la pérdida potencial de la contribución de la ciencia y tecnología nucleares a la humanidad."

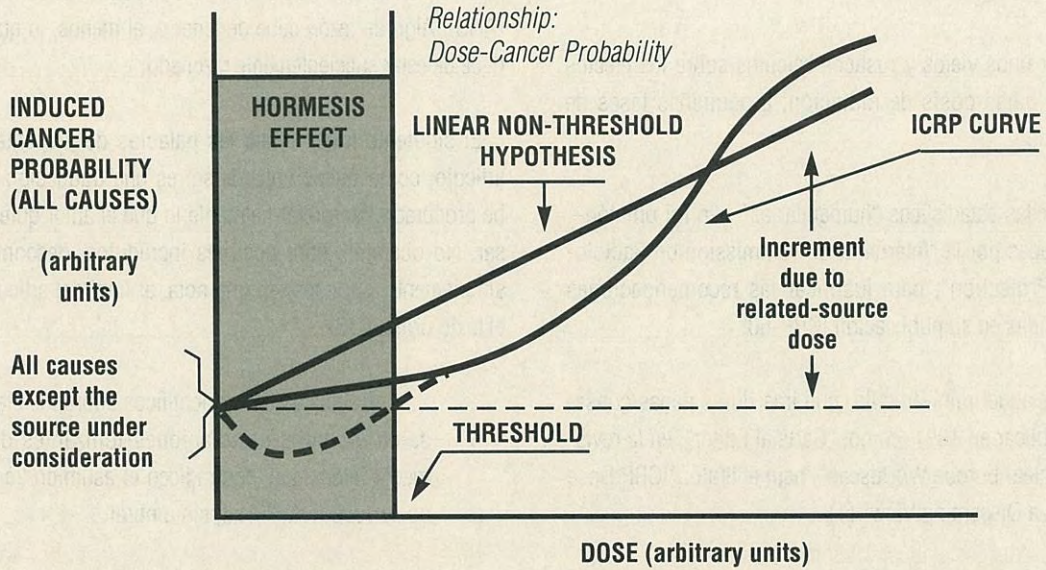
*Nuclear News/September, 1995*

Las figuras, que presento, están extraídas del artículo de *Nuclear News* citado y del mini-artículo de la Revista Nuclear Europea. Ambas figuras coinciden prácticamente. Una está ilustrada con números y la otra en unidades arbitrarias.

La figura del Sr. Jim Muckerheide está justificada cuantitativamente mediante estudios, experiencias, ensayos, análisis y bibliografía de vanguardia; por el contrario, la otra tiene solamente una justificación imaginativa, basada en la resolución de unas cuantas ecuaciones diferenciales con unas pobres condiciones de contorno penosamente conseguidas.



### ICRP Dose Limits: a Dissenting View



(Nuclear Europe Worldscan 7-8/1991 (65))

(Nuclear News/September 1995)

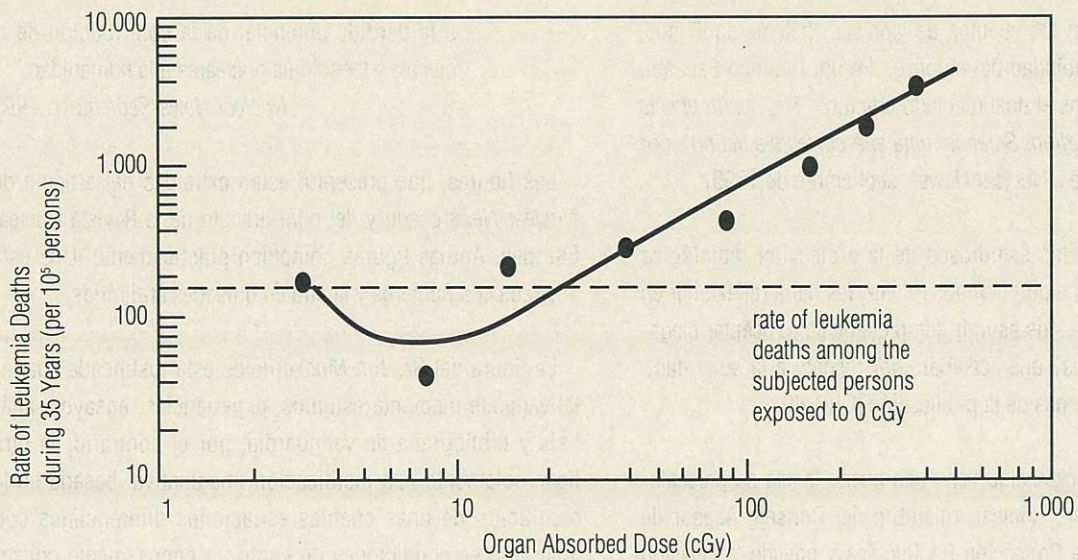


Figure 1. Dose response for leukemia in Japanese survivors.

El contenido de los respectivos textos —guardando respetuosamente las distancias debidas—, viene a decir lo mismo. Las recomendaciones de la publicación ICRP-60, que solamente pretenden tener carácter orientativo, han sido —o serán— introducidas en algunos Reglamentos, de obligado cumplimiento, por causas diversas: ignorancia, oportunismo tal vez..., pero no por consideraciones meramente científicas.

Es duro, para un matemático, aceptar la estadística —que en un aciago y lejano día calificué de “socio-visceral” y de “ilógico-matemática”—, en la que se fundamentan tales Recomendaciones.

Recomendaciones que son comprensibles y dignas de elogio y de admiración, dentro de las misiones y funciones de la ICRP, pero resultan inadmisibles en cuanto, consciente o inconscientemente, se las aplica, sin más ni más, a una sociedad plural y compleja que, junto a las radiaciones ionizantes, soporta otros riesgos que condicionan su progreso y bienestar.

Sin pretender inmiscuirme en temas extra-radiológicos, la “Recomendación” de que cualquier dosis (¡por pequeña que sea!) produce malformaciones genéticas, indujo al aborto a un número de mujeres de la Europa Occidental (civilizada y progresista), comprendido entre 100.000 y 200.000, tras el accidente de Chernobyl. Ver el artículo comentado.

¡Cuántos se podrían haber evitado con una razonable información!

El artículo del Sr. Jim Muckerheide presenta datos de divulgación científica, comparando las dosis absorbidas en situaciones distintas, como por ejemplo: vivir en un primer o segundo piso; beber agua de un pozo o de un embalse; trabajar en un edificio de madera o en uno de granito.

Todo este juego y divertimento de números basados en el modelo “lineal, sin umbral”, serían anécdotas de científicos entusiastas de su saber, si tras ello no hubiese un sacrificio económico y social; se estima una inversión de 23 billones

(mil millones) de US\$ en medidas de protección, por año de vida “ahorrado”, utilizando el polémico modelo de: dosis-respuesta “lineal, sin umbral”.

Tal inversión sería francamente aleccionadora para la sociedad; los ciudadanos verían, en la utilización pacífica de la energía nuclear, un “derroche” —nunca mejor dicho— de virtudes a imitar por otras industrias. Pero esto no es así; la aversión por este tipo de energía es, sin duda, la más elevada.

Hay que tener en cuenta dos hechos:

- La fragilidad de las hipótesis en las que se sustenta el modelo utilizado; y,
- las necesidades sociales de emplear tales recursos económicos en otras medidas de protección más urgentes.

No es exagerado decir que tales gastos resultan ser un dispendio inútil, para conseguir una protección ficticia.

La División de Medicina y Biología de la Sociedad Nuclear Americana ha establecido contacto con otros organismos y organizaciones para intentar una revisión lógica del modelo “lineal, sin umbral” que pueda ser utilizada razonablemente en las evaluaciones de los riesgos a bajas dosis y reducidas tasas.

Así mismo, solicita a cualquier otra persona interesada en estos temas a participar, proporcionar datos y sugerir acciones correctoras, por el bien de la ciencia y tecnología nucleares, y por respeto a los valores humanos.

Termino esta repentizada comunicación, inspirada en lejanos recuerdos y creencias; pensaba, “in illo tempore” —“¡ingenuo de mí!”—, que la protección radiológica, como toda ciencia, estaba basada en estudios serios y concienzudos, y no en caritativas consideraciones, fuera de lugar.

Tan humanitarias consideraciones —pienso— tienen su sitio, sentido y filantrópica utilidad, en otros estamentos de la socie-



dad, pero no dentro de una comunidad científica, como es —aún lo creo firmemente— la de los profesionales que, día a día, trabajan con su elevado espíritu de servicio y su mejor y leal saber y entender, para conseguir un adecuado grado de protección acorde, y en armonía, con el bien común de todos los ciudadanos o, al menos, de su mayoría.

## REFERENCIAS

1. "ICRP Dose Limits: a Dissenting View", "Nuclear Europe Worldscan" 7-8/1991; "Letters to the Editor" (página 65).
2. "Respectful Doubts on the New ICRP Recommendations" (Volumen I de los "Proceedings", página 121). IV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica y la "International Conference on Implications of the New ICRP Recommendations on Radiation Protection Practices and Interventions", patrocinados por SEPR, IRPA, NEA-OECD y CEC; Salamanca (26-29 de noviembre de 1991).
3. "Actual scientific data on health effects from low-to-moderate doses of ionizing radiation contradict the presumed 'linear, no-threshold' dose-response 'model'. Use of the linear model as a basis for regulations and standards has resulted in high public costs with negligible or zero health benefit to society, and in the potential loss of nuclear science and technology contributions to humanity" (sic).

**Francisco Díaz de la Cruz**

Miembro de la Sociedad Española  
de Protección Radiológica

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

Esta carta pretende ser una reflexión sobre algunos aspectos relacionados con la protección radiológica (PR) del paciente en nuestro país, haciendo notar algunos compromisos con que deben enfrentarse los profesionales en la práctica diaria de su trabajo.

La terminología de PR del paciente, como extensión de la de trabajadores y público, tiene una gran difusión y, parece ser, aceptación. Sin embargo, es reconocido por todos que la PR del paciente no es más que un control de calidad establecido de la misma forma que debe tenerlo cualquier otro medio de diagnóstico o tratamiento no inocuo. En particular, es bien sabido que las pruebas diagnósticas con radiaciones ionizantes (RI) procedentes de generadores o de fuentes radiactivas,

desde el momento de su solicitud hasta que recibe su informe el médico solicitante, abarcan diferentes etapas, algunas de las cuales pueden ahorrar más dosis al paciente que la que es posible ahorrar durante la propia ejecución de la exploración. Algo similar podríamos decir en el caso de los pacientes tratados en radioterapia. En este caso la PR del paciente, o sea, la optimización de su tratamiento, se logra principalmente en la fase de planificación del mismo, aunque posteriormente haya que controlar que la irradiación se adecúe a lo planificado previamente.

También se sabe que todo lo relacionado con RI produce una alarma de nivel social muy desigual a la originada por otros agentes, tal vez mucho más dañinos. Esto ha sido resal-

tado por el ilustre Profesor Tubiana (1) en el campo de la producción de energía, intentando poner a las RI en el lugar que le corresponde dentro de la salud pública. En una carta al director de esta misma revista, un compañero realizaba unos comentarios relacionados con este tema (2).

Deberíamos preguntarnos si no corremos el riesgo de que ocurra algo similar en el campo del diagnóstico, como se están preguntando ya algunos profesionales que trabajan en PR (3, 4), teniendo además en cuenta que no existen, y probablemente no se obtendrán en mucho tiempo, pruebas directas inequívocas de los efectos de las radiaciones a bajas dosis (5)

Respecto a las dosis recibidas por pruebas médicas en radiodiagnóstico, acaba de ser publicado un Real Decreto (6) en el que, entre otras cosas, se incluyen las dosis de referencia de algunas exploraciones. Dado que ya estaba legislado que las exploraciones se deben hacer cumpliendo el criterio ALARA, y que las dosis de referencia recomendadas por diversos organismos son bien conocidas por los profesionales relacionados con el radiodiagnóstico, cabría concluir que lo más urgente es establecer en cada centro las normas y los medios adecuados para lograr la coordinación necesaria que debe existir entre todos los responsables de las distintas etapas que conlleva la realización de pruebas diagnósticas con RI. Es de prever que esto último, junto con el cumplimiento del criterio ALARA, conduzca en la mayoría de los casos a dosis más bajas que las de referencia establecidas legalmente. Entendemos que la citada coordinación debe ser el compromiso actual de los profesionales implicados.

Por otra parte, es de hacer notar que en el reciente Real Decreto (6), a los Servicios o Unidades Técnicas de Protección Radiológica definidas en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra RI con fines de protección de los trabajadores y del público e inspeccionadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), se les asigna legalmente otras misiones relacionadas con la PR del paciente en radiodiagnóstico, y que la inspección de estas nuevas misiones corresponderá tanto a la autoridad sanitaria competente de las Comunidades Autónomas como al CSN.

En el campo de la PR del paciente en radioterapia, en el que los Servicios o Unidades Técnicas de Protección Radiológica no tienen ninguna misión asignada, podríamos hacer algunos comentarios que no son frecuentes oír cuando se trata este aspecto públicamente.

Por ejemplo, el número de Aceleradores lineales de electrones en nuestro país es todavía escaso, pese al espectacular aumento habido en los últimos años. A menudo, estas unidades son sometidas a largas revisiones que teóricamente sirven para asegurar la calidad de los tratamientos, pero que pueden llevar consigo el alargar la duración de los mismos. Esto puede provocar una menor efectividad de los resultados terapéuticos, lo que preocupa a los radioterapeutas (7). Además, no existe actualmente un acuerdo común respecto a la frecuencia de las verificaciones que deben establecerse, como ha quedado patente en un estudio reciente realizado en los Países Bajos (8).

Otra situación que puede plantearse es qué hacer cuando, a sabiendas de que un determinado tratamiento se realizaría de forma óptima en una determinada unidad, en un servicio de radioterapia esa unidad esté saturada o bien no se disponga de ella.

Y así se podrían seguir citando situaciones de las que surgen algunas dudas sobre la llamada PR del paciente en radioterapia.

¿Es bueno realizar cuanto más controles mejor? ¿Es mejor que un paciente a tratar urgentemente empiece su tratamiento inmediatamente en una unidad disponible, aún con una distribución de dosis que, aunque aceptable, no es la óptima? ¿Es proteger radiológicamente bien al paciente el hecho de que en un centro donde sólo se dispone de una unidad de tratamiento, por ejemplo, una unidad de Co-60, se traten algunos pacientes que tratados con un acelerador tendrían una distribución de dosis mejor, o es preferible enviarlo a otro centro, pese a que se retrase su tratamiento?

Actualmente se considera que en determinados tratamientos



se consiguen mejores resultados con técnicas de hiperfraccionamiento, pero la presión asistencial hace, a menudo, esto inviable. Algo similar podríamos decir en cuanto a la realización o no de dosimetría *in vivo* en tratamientos no especiales. ¿Qué es mejor, tratar más pacientes o tratar menos, pero asegurando unas condiciones óptimas?

¿Están mal "protegidos" los pacientes en los casos citados? ¿Se debe "proteger" lo más que se pueda a unos y los otros esperar su turno? ¿A qué compromiso se debe llegar? Este es un problema que surge a menudo a los radioterapeutas.

Se concluye que, como en numerosos campos, existe un compromiso entre calidad óptima y medios para llevarla a cabo.

En definitiva, hemos querido plasmar estas inquietudes, relativas tanto a diagnóstico como a terapia, con el único fin de intentar resolverlas entre todos los profesionales implicados para una mejora efectiva de la llamada PR del paciente.

## REFERENCIAS

1. M. Tubiana. Radiación Natural, radón y dosis bajas de radiación. Libro de Ponencias de la XXVI Jornadas anuales del Forum Atómico Español. "La protección radiológica y la energía nuclear". Pág. 35-75, 1988.
2. F. Díaz de la Cruz. Carta al director. Radioprotección. 1993; 1: 59.
3. J. Cameron. Comments on the review of "When is a dose not a dose". Med. Phys. 1994; 21: 1509-1510.
4. F. Wachsmann. ¿Las dosis pequeñas son peligrosas en realidad? Electromédica. 1987; 55: 86-90.
5. A. J. González. Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: una visión más completa. Boletín del OIEA. 1994; 4: 37-45.
6. Real Decreto 2071/1995. BOE del 23-1-96.
7. Escó R., Fuertes F., Bellosta R., López P., Navarrete S. La seguridad radiológica en un acelerador y los tratamientos, ¿son compatibles? Oncología. 1993; 16: 66. Comunicación presentada en el VII Congreso Nacional de la AERO.
8. G. J. Meijer, H. J. van Kleffens, B. J. Mijnheer. Intercomparison of quality control programmes of medical electron accelerators in The Netherlands. Third Biennial ESTRO Meeting on Physics in Clinical Radioterapy. Gardone Riviera, Italia 8-11 Oct. 1995.

**A. Hernández Vitoria, P. E. Millán Cebrián  
M. Canellas Anoz**

Miembros de la Sociedad Española  
de Protección Radiológica



CONGRESO IRPA - 9



Delegados de España en Viena.

**E**l 9º Congreso de la Asociación Internacional de Protección Radiológica tuvo lugar en el Palacio Imperial (Hofburg), de Viena, del 14 al 19 de abril de 1996.

A esta reunión han asistido 1.248 congresistas de 57 países, representando a las 37 sociedades miembros de la IRPA. En esta circunstancia ha adquirido especial relevancia la asistencia de unos 300 especialistas de la ex Unión Soviética y otros países del bloque del Este. Precisamente esta concurrencia ha sido uno de los objetivos específicos del IRPA, al seleccionar la ciudad de Viena para celebrar el Congreso.

La participación española en este Congreso ha sido importante, 31 participantes, presentando 15 trabajos. Una relación de los mismos aparece reflejada en la sección de Informaciones de

Interés, junto a un resumen correspondiente al desarrollo del Congreso.

Dentro de las actividades propias de la IRPA, ha tenido lugar la Asamblea General, constituida por los delegados de las sociedades que la integran. La representación española estaba constituida por cinco delegados, D. Leopoldo Arranz, D. David Cancio, D. Manuel Fdez. Bordes, D. Emilio Iranzo y D. Eduardo Sollet. Así mismo, D. Emilio Iranzo, en el Comité de Reglamentación, y D. Eduardo Sollet, en el Comité de Nominaciones, representaban a la SEPR. El orden del día propuesto contenía, entre otros aspectos, la presentación de las candidaturas de diferentes sociedades para seleccionar la sede del próximo Congreso IRPA-10. Se presentaron tres candidaturas, correspondientes a las sociedades de España, Japón y Países Nórdicos. La propuesta espa-

ñola fue realizada por el Presidente de la SEPR, D. Leopoldo Arranz y Dña. Marisa España. Nuestra candidatura fue muy bien acogida por todos los miembros de la Asamblea, quedando en segundo lugar, detrás de Japón. En el próximo Congreso IRPA-10, que se celebrará en Japón en el año 2000, la SEPR realizará una nueva presentación de su candidatura, existiendo en dicha ocasión muchas posibilidades para que nuestra Sociedad sea designada como organizadora del Congreso IRPA-11, en el año 2004.

Así mismo, durante la Asamblea, se procedió a la elección de nuevos miembros para el Consejo Ejecutivo de la IRPA. La SEPR presentaba la candidatura de D. David Cancio como vocal de dicho Consejo. Esta candidatura obtuvo los votos necesarios para resultar elegida después de una gran expectación.



## NUEVOS REPRESENTANTES ESPAÑOLES EN ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

**P**edro Carboneras (ENRESA) ha sido nombrado miembro del grupo de trabajo encargado de revisar las Recomendaciones de la ICRP sobre los residuos radiactivos. El grupo y su composición han sido aprobados por la Comisión Principal de la ICPR en una reunión celebrada en Bethesda (USA), el pasado mes de marzo.

- David Cancio ha sido elegido vocal

del Consejo Ejecutivo de la IRPA en la Asamblea General celebrada en su último Congreso IRPA-9, que ha tenido lugar el pasado mes de abril en Viena. Es la primera vez que la SEPR tiene un representante en este Consejo.

- Eduardo Gallego ha sido aceptado, a propuesta de la SEPR, como miembro del Comité Organizador del próximo Congreso IRPA-10, que se celebrará en

Japón. Como todos recordarán, Eduardo Gallego está nominado como Secretario Científico del Comité Organizador de la candidatura española para organizar el IRPA-11 en Madrid el año 2004.

- Antonio Delgado (CIEMAT) ha sido designado miembro del Comité Editorial de Radiation Protection Dosimetry y vicepresidente de la International Solid State Dosimetry Organization (ISSAO).

## JORNADA CIENTÍFICA “MAMOGRAFÍA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA”

**E**n el número anterior de RADIO-PROTECCIÓN (nº 11) se han publicado las conclusiones de la Jornada Científica “Mamografía y Protección Radiológica”. Cuando la Revista estaba ya editada, el Comité de Redacción ha comprobado que la información publicada sobre este importante acontecimiento científico era incompleta. Desde aquí queremos pedir disculpas al Comité Organizador de dicha Jornada, así como a los ponentes de la misma, por la omisión de sus nombres en la publicación anterior.

En este número hemos tratado de completar la información relativa a esta Jornada, contando con el visto bueno de

la Dra. Marina Téllez, Coordinadora de la misma.

La Jornada Científica “Mamografía y Protección Radiológica” fue organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica, en colaboración con la Sociedad Española de Radiología Médica y el Hospital Universitario de la Paz.

### • COMITÉ ORGANIZADOR

- Doña Marina Téllez (Coordinadora).  
Hospital La Paz. Madrid.
- Don Leopoldo Arranz.  
Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

- Don Miguel Angel Briones.  
Ex Jefe de Sección de Mamografía.  
Hospital La Paz. Madrid.
- Doña Teresa Cepeda.  
Hospital Clínico San Carlos.  
Madrid.
- Don Luis Miguel Martín Curto.  
Hospital La Paz. Madrid.
- Doña Cristina Núñez.  
Fundación Jiménez Díaz.
- Don Vicente Pastor.  
Hospital La Princesa. Madrid.

### • PROGRAMA CIENTÍFICO

#### – Inauguración de la Jornada.

Marina Téllez.

Jefe de Servicio de Protección Radiológica y Física Médica.

Hospital La Paz. Madrid.

#### – Indicaciones actuales de la mamografía.

Teresa de Cepeda.

Jefe de Unidad de Mamografía.

Hospital Clínico San Carlos. Madrid.

#### – Factores de riesgo de la mamografía.

Vicente Pedraza.

Catedrático de Radiología y Física Médica.

Universidad de Granada.

#### – Dosimetría y control de calidad.

Pilar Morán y Margarita Chevalier.

Cátedra de Física Médica.

Universidad Complutense. Madrid.

#### – Tendencias futuras de equipamiento en mamografía.

Pedro Rodríguez.

Director de la División de Física Médica.

MEDTEC. Santiago de Compostela.

#### – Evaluación de experiencias nacionales e internacionales de Programas de detección precoz de cáncer de mama.

Juan García Caballero.

Jefe del Servicio de Medicina Preventiva.

Hospital La Paz. Madrid.

### • MESA REDONDA

#### *Diagnóstico precoz, ventajas e inconvenientes.*

#### Moderador:

Vicente Pastor.

Jefe del Servicio de Medicina Preventiva.

Hospital de La Princesa. Madrid.

#### Ponentes:

Francisco Calero.

Jefe del Servicio de Oncología Obstétrica.

Hospital La Paz. Madrid.

Teresa de Cepeda.

Jefa de Unidad de Mamografía.

Hospital Clínico San Carlos. Madrid.

Vicente Pedraza.

Catedrático de Física Médica.

Universidad Complutense. Madrid.

Miguel Angel Briones.

Ex Jefe de Sección de Mamografía.

Hospital La Paz. Madrid.

Juan García Caballero.

Jefe de Servicio de Medicina Preventiva.

Hospital La Paz. Madrid.

## PROPUESTA DEL EDITOR EJECUTIVO DE NUCLEAR TECHNOLOGY PUBLISHING (NTP) PARA LOS SOCIOS DE LA SEPR

El Editor Ejecutivo de NTP ha remitido a la Secretaría de la SEPR, como a las de todas las Sociedades asociadas a IRPA, una propuesta de reducción de precios en la inscripción de revistas y compra de libros publicados por NTP, que supone un 66% en el coste de la inscripción anual de las revistas y un 50% en la adquisición de libros.

Las revistas publicadas periódicamente por NTP son: *Radiation Protection Dosimetry*, *The International Journal of Radioactive Materials Transport* y *Applied Health Physics Abstracts and Notes*. Entre los más recientes libros publicados se encuentra *The Physics of Radiation Protection*, por Dörschel, Schuricht y Stener.

Los socios que estén interesados pueden solicitar a la Empresa editora, cuya dirección se indicará al final, el catálogo completo de publicaciones de 1995.

Las condiciones a reunir para conseguir los descuentos son:

- Utilización personal y compromiso



de que el precio de inscripción o adquisición no será pasado para pago a la biblioteca del Organismo o Empresa a que pertenezca.

– Proporcionar a NTP, con la solici-

tud, una certificación de que son socios de la SEPR.

La dirección de la Empresa editora es la siguiente:

NUCLEAR TECHNOLOGY PUBLISHING  
P.O. Box nº 7  
Ashford, Kent TN23 1YW  
Inglaterra  
Teléfono: (01233) 641683  
Facsimile: (01233) 610021

## RADIOPROTECCIÓN Y EL RADÓN EN ESPAÑA, EN EL BOLETÍN DEL NRPB

**E**n el National Radiological Protection Board (NRPB) Bulletin nº 117, de Mayo de 1996, aparece el siguiente comentario en la sección News and Affairs. La traducción del inglés es de A. Delgado.

Iconos Españoles:

Radioprotección, el órgano de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), tiene la encantadora costumbre de colocar un icono en la parte superior de las páginas de cada artículo. Así, para efectos sobre la salud encontramos una rata, para dosimetría interna un conjunto de tubos de ensayo, para almacenamiento de residuos un puñado de barriles. ¿Cuál sería el icono empleado para trabajos sobre radón?, se pregunta un colega malévolo.

Aún con toda la discusión habida en los años recientes entre ICRP, UNSCEAR, la UE y otras organizaciones, se puede comprobar que algunos países europeos no han adoptado todavía niveles de actuación para el radón en viviendas ni en puestos de trabajo. En su cami-

no hacia la toma de decisiones sobre el radón, estos países tienen, sin duda, el beneficio de poder considerar las estrategias adoptadas por otras naciones, en lo que se refiere a niveles de actuación, técnicas de medida, financiación de las acciones correctoras o a cambios en la reglamentación sobre edificación.

España ha sido uno de los países que ha tomado este tipo de actitud, digamos pausada y fría, hacia sus propios problemas con el radón en viviendas y puestos de trabajo, inspirándose en lo que se estaba decidiendo y poniendo en práctica en otros lugares para formular su propia estrategia. En el informe, *Exposición al Radón en España: Una Revisión General (CIEMAT/52F11/01/95)*, se recomiendan "niveles de acción" en línea con las recomendaciones internacionales y se propone la identificación de las áreas con alta incidencia de radón. En el informe se señala que las técnicas de tipo preventivo para las viviendas en esas áreas son las mejores en cuanto a coste-beneficio.

Las técnicas de medida y de control de calidad, la comunicación de informa-

ción sobre el radón son considerados en el informe como parte de la estrategia a adoptar en un programa específico sobre el radón. El informe concluye resaltando que el éxito de tal programa será evidente tan solo a medio y largo plazo y que, por tanto, se requieren decisiones políticas para proveer de financiación adecuada durante un cierto número de años.

A propósito, la SEPR ha publicado el ICRP-60 en castellano. Para más información se puede llamar a Madrid (350 49 17) o recoger un ejemplar en el Congreso de Córdoba el próximo Septiembre.

Radioprotección ya ha encargado al experto en iconos de la SEPR un estudio y una propuesta sobre el más adecuado para asuntos de radón. Mientras tanto, ¿qué le parecería a nuestro malévolo colega del NRPB un icono que sugiriera la prohibición de respirar? La información sobre la situación de las acciones sobre radón en España es bastante fiel. Hay capacidad pero, tal vez, no la suficiente actividad.

**A. Delgado**

## RADIOPROTECCIÓN, EN LA LISTA DE PRODUCTIVIDAD DE REVISTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

La Energy Technology Data Exchange (ETDE, Oak Ridge, USA), ha publicado, en Abril de 1996, la lista de productividad de revistas científicas y técnicas clasificada por países (ETDE/o A-5 rev. 8). En la lista española, *Radioprotección* aparece en el puesto 19 sobre un total de 65 revistas incluidas. El único criterio de clasificación es el de las citas detecta-

das en el global de las revistas presentes en la base de datos de la ETDE en 1993, 94 y 95. Con este criterio, nuestra revista está bien situada en el primer tercio del grupo español, con cuatro citas en 1993, número que se dobla en 1994 y que aumenta a nueve en 1995. Si la clasificación se hiciera por citas por artículo publicado, como es habitual en otras listas de pro-

ductividad, la clasificación de *Radioprotección* sería sustancialmente mejor, habida cuenta que las revistas mejor clasificadas tienen mayor frecuencia de publicación y también mayor número de artículos por número. Mientras que *Radioprotección* publica de doce a dieciséis artículos por año, otras revistas nacionales pueden publicar alrededor de cincuenta.

## SERVICIO DE PUBLICACIONES

La SEPR, dentro del apoyo global que ofrece a los socios y como respuesta a la demanda existente, ha decidido poner en marcha un Servicio de Publicaciones. Este servicio pone a disposición de los socios no sólo las publicaciones de la propia sociedad, cuya relación de textos y precios se publicó

anteriormente, sino también la posibilidad de acceder a todas las publicaciones, libros de resúmenes y cursos de refresco de distintos Congresos, de que dispone la Sociedad. Las actualizaciones de estos fondos bibliográficos aparecerán dentro de la sección de publicaciones de la revista. Las solicitudes se cursarán a la sede de la

Sociedad dirigidas al Servicio de Publicaciones, y los envíos se realizarán por correo con pago contra reembolso del importe correspondiente. Esperamos que vuestras sugerencias y opiniones ayuden a que este nuevo Servicio sea lo más fructífero posible, y vaya mejorando día a día.

Marisa España

### SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (SEPR) PUBLICACIONES

Se indican a continuación las publicaciones realizadas por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) que incluyen Libros de Comunicaciones de los Congresos celebrados, Ponencias presentadas en las diferentes Jornadas Monográficas realizadas y los libros elaborados por la SEPR. Junto a los títulos se refleja el precio correspondiente.

Las personas interesadas en adquirir las publicaciones indicadas pueden solicitarlas a la Secretaría Técnica de la SEPR.

4º Congreso SEPR, Salamanca (2 V.) .....	3.000 pts.	ICRP - 60 .....	6.000 pts.
5º Congreso SEPR, Santiago .....	2.000 pts.	Socios SEPR (gratis)	
2ª Jornada de Emergencias en instalaciones radiactivas .....	2.500 pts.	Guía de Gestión de Material Radiactivo .....	3.000 pts.
1ª Jornada de Radiaciones No Ionizantes .....	2.500 pts.	Socios SEPR (gratis)	
1ª Jornada de Mamografía y Protección Radiológica....	2.500 pts.	Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Aspectos Técnicos) .....	6.000 pts.
Generación y Gestión de residuos de baja actividad .....	3.000 pts.	.....(Socios SEPR)	3.000 pts.



## VI CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA (Córdoba, del 24 al 27 de septiembre de 1996)

### Información General

**Sede del Congreso:** FACULTAD DE MEDICINA. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14004-Córdoba.

**Secretaría Científica:** SERVICIO DE PROTECCION RADIOLOGICA. FACULTAD DE MEDICINA. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14004-Córdoba. Tels. (957) 21 82 75. Fax (957) 21 82 74.

**Secretaría Técnica:** SECRETARIA DE CONGRESOS CIENTIFICOS, S.L. C/ Caño, 3 - 1º 1. 14004-Córdoba. Tels. (957) 48 04 78 - 48 33 11. Fax (957) 47 96 51.

### PROGRAMA DE LAS SESIONES

DIA \ HORA	9,00 - 11,00	11,00 - 11,30	11,30 - 13,30	13,30 - 15,00	15,00 - 16,30	16,30 - 17,00	17,00 - 18,30
Martes, 24	Recepción y entrega de documentación						
Miércoles, 25	<b>SESION INAUGURAL</b>  CONFERENCIA La radiactividad después del descubrimiento de Becquerel	Café	SESION 1 A La P.R. del público y del medio ambiente  SESION 1 B La P.R. de los trabajadores	Almuerzo de Trabajo	SESION 2 A La P.R. del público y del medio ambiente  SESION 2 B La P.R. de los trabajadores	Pausa	Asamblea de la SEPR
Jueves, 26	SESION 3 A La radiación natural  SESION 3 B Los efectos biológicos de las radiaciones	Café	<b>SESION PLENARIA</b>  MESA REDONDA ICPR 60 y normativa	Almuerzo de Trabajo	SESION 4 A La normativa de PR.  SESION 4 B Magnitudes radiológicas y medida	Pausa	Presentación y discusión de los posters
Viernes, 27	SESION 5 A Formación y aspectos sociales de la P.R.  SESION 5 B La P.R. del paciente	Café	CONFERENCIA P.R. diez años después de Chernobyl  <b>SESION DE CLAUSURA</b>				

## GRUPOS DE TRABAJO S.E.P.R.

### GRUPO DE FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

#### Coordinadores:

Juan José Peña Bernal (Universidad de Extremadura) y Jerónimo Iñiguez Sáez (A.M.Y.S.)

#### Miembros:

Juan Amador Vela-Hidalgo, Carmen Baixeras, Juan M. Cañizares, Lorenzo Carretero, Mari Cruz Paredes, Francisco Díaz, Ricardo Díez, María Luisa España, Angel Luis García, Emilio Iranzo, María Pilar López, María Teresa Macías, María Luisa Marco, Miguel Marine, Alfonso Martínez, Javier Menárguez, Rafael Pons, Mónica Rodríguez, Angeles Sánchez y Ramón Vicente.

#### Informe

La Comisión Nacional Promotora de la Especialidad en Radiofísica Hospitalaria ha elaborado recientemente los siguientes documentos que ha tramitado a las autoridades del Ministerio de Sanidad y Consumo para su estudio y posterior aprobación (con las modificaciones de última hora que el Ministerio estime pertinentes):

1. **Programa Docente sobre Formación en Radiofísica Hospitalaria.**
2. **Requisitos para la acreditación de unidades docentes.**

Dichos documentos, borradores de los textos oficiales que previsiblemente se publicarán este año, se han enviado a la Sociedad Española de Protección Radiológica para información y conocimiento de sus miembros.

Desde la perspectiva del Grupo de Trabajo sobre Formación de la SEPR podría ser interesante que sus integrantes procedieran a la lectura de estos textos, con la idea de ir elaborando sugerencias de índole formativa en lo que respecta a la Protección Radiológica contenida en dichos documentos: objetivos educativos detallados, métodos y materiales para la enseñanza práctica, contenidos específicos de los temas considerados, bibliografía comentada por objetivos, etc.

Como calendario se podría establecer, a la espera de las modificaciones que puedan surgir por iniciativa mayoritaria de los miembros de este Grupo, el siguiente:

- Fase 1. Hasta finales del próximo mes de Octubre se aceptan las sugerencias enviadas por los miembros del Grupo.
- Fase 2. En Noviembre se envían a todos los miembros del Grupo los comentarios recogidos en la fase anterior.
- Fase 3. Hasta finales de Diciembre se recogen todas las sugerencias enviadas por todos los miembros del Grupo que participen en el proceso.
- Fase 4. Se organiza una reunión con los miembros del Grupo que hayan participado en las fases anteriores con el objetivo de elaborar conclusiones orientativas.

Enviar las consideraciones que estiméis al Coordinador del Grupo de Formación: Prof. D. Juan José Peña Bernal. Facultad de Medicina. Avda. de Elvas, s/n. Badajoz. Fax 924-289445.



## GRUPO DE TRABAJO SOBRE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO

### Coordinadores:

Eliseo Vañó Carruana y Eduardo Guibelalde del Castillo

### Miembros:

Manuel Alonso, Alfonso Calzado, Margarita Chevalier, Luciano González, Ignacio Hernando, Pilar López, Pilar Morán y Pedro Rodríguez.

### Informe

Con la publicación del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico conjuntamente por parte de la SEPR y de la SEFM, el grupo de trabajo cierra uno de sus objetivos más importantes propuestos.

Dado que en el último número de Radioprotección Nº 11, Vol IV, 1996, el Informe del grupo de trabajo apareció con algunas erratas, incluyendo la fecha de convocatoria de una reunión de trabajo y la relación de miembros, que sólo incluía a los miembros del grupo de redacción del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico y no aparecían otras personas de la SEPR que habían mostrado su deseo de formar parte del grupo de trabajo, los coordinadores desean actualizar la relación de miembros del grupo de trabajo invitando a todos los miembros de la SEPR que deseen participar en las tareas y objetivos que a continuación se detallan a una primera reunión a celebrar el 10 de octubre de 1996 en los locales de Física Médica de la Facultad de Medicina de la U. Complutense (pabellón II, planta 4ª), a las 11.00 h. **Esta nota debe considerarse como convocatoria del grupo de trabajo.**

Objetivos (ya publicados en Radioprotección Nº 11, Vol IV, pg. 79):

- Aplicar el documento "Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico" de forma piloto en distintas instalaciones y analizar las dificultades que surjan. Para ello, se distribuirán las diferentes áreas del protocolo entre los diferentes miembros del grupo para que las apliquen con carácter piloto y elaboren un informe de problemas que puedan surgir para que sea analizada en la siguiente reunión plenaria.
- Analizar los aspectos prácticos del Real Decreto 2071/1995, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico (BOE 23.01.95).
- Analizar documentos y protocolos de control de calidad de otros países.
- Mantener actualizada la bibliografía de control de calidad en Radiodiagnóstico.
- Desarrollar procedimientos. Se planteará una estrategia similar a la indicada en el primer objetivo.
- Proponer ampliaciones al protocolo.
- Potenciar la participación con los grupos de normalización (AENOR, CEI, CENELEC, etc.). Se aportarán documentos de trabajo de normas en curso para que se analizadas por los miembros del grupo.

## GRUPO SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

### Coordinadores:

Manuel Alonso Díaz y Andrés González Tutor (Hospital Universitario "Marqués de Valdecilla". Santander)



**Miembros:**

Leopoldo Arranz, José Ignacio Bilbao, Antonio Jesús Echenagusía y Eliseo Vañó.

*Informe*

En el último período este Grupo de Trabajo no ha celebrado ninguna reunión para abordar los nuevos proyectos que se comentaron inicialmente. Sin embargo, tras la buena acogida de la "Guía Básica de Protección Radiológica para Radiología Intervencionista", se continúa manteniendo la idea de elaborar otros documentos de interés para el colectivo de radiólogos intervencionistas.

### GRUPO DE TRABAJO SOBRE LA ARMONIZACIÓN EUROPEA DE DATOS DOSIMÉTRICOS

**Coordinador:**

Jerónimo Iñiguez (SEPR)

**Miembros:**

Marie Litido, Gilberto Bussuoli, Maurizio Pellioni, Raymond Dollo.

*Informe*

El único hito a destacar del Grupo de Trabajo es la presentación de un poster en el Congreso Internacional de Protección Radiológica 1996 (IRPA 9), celebrado en Viena del 14 al 19 de Abril de 1996.

Por otro lado, y a iniciativa de la Junta Directiva de la SEPR, se ha creado un Grupo de Trabajo Nacional, formado por los Sres. Ignacio Amor (Consejo de Seguridad Nucle-

ar), Emilio Casal (Centro Nacional de Dosimetría) y Jerónimo Iñiguez (UNESA), con el objetivo de revisar el documento preparado por el Grupo de Trabajo Internacional y considerar las posiciones de todos los sectores que forman parte de la SEPR.

Se ha mantenido una reunión de este Grupo de Trabajo Nacional, el cual ha preparado un documento de comentarios que ha sido presentado a la Junta Directiva y aprobado por la misma, con el compromiso de su remisión a los Presidentes de las Sociedades Italianas y Francesas para su consideración.

### COMISIÓN NACIONAL PARA CONTROL DE CALIDAD EN INSTRUMENTACIÓN DE MEDICINA NUCLEAR

**Coordinadora:**

Marina Téllez de Cepeda (Hospital La Paz)

**Miembros:**

Raquel Barquero, Ana Blanes, José Miguel Delgado, Natividad Ferrer, José Manuel Martín, Rafael Pucha, María Luisa Ramírez y Javier Luis.

*Informe*

Recientemente, se ha reunido la comisión tratándose entre otros los siguientes temas:

- 1.º Comentarios sobre pruebas en gammacámaras tomográficas.
- 2.º Programación de cursos en relación con el tema del control de calidad en instrumentación de medicina nuclear.



3.º Plazos para terminar el protocolo.

Por otra parte, continúa abierto el plazo de recogida de comentarios sobre el borrador presentado a las tres sociedades (FM, MN y PR) en Septiembre del 95. Se ha presentado, a su vez, una comunicación en el congreso de la SFPH, celebrado en Toulouse a primeros de Junio, en la que se describía el contenido de los dos volúmenes de que consta el protocolo y se ha enviado una comunicación al congreso de la SEPR, que ha sido aceptada.

El propósito es acabar el documento para principios del 97.

### GRUPO DE MEDICINA

#### Coordinadores:

Vicente Pastor y Aldeguer (Hospital de la Princesa) y Luis M. Tobajas Asensio (Central Nuclear de Ascó).

#### Miembros:

Alfredo Brum, José María Escudero, Luis Miguel Tobajas, Pedro Valcárcel, Rafael Herranz, Luis Martín y Raúl Ramos.

#### Informe

Durante la primera quincena de Noviembre de este año, el Grupo de Medicina de la Sociedad Española de Protección Radiológica celebrará una jornada dedicada a la actualización y estudios epidemiológicos recientes relativos a las radiaciones ionizantes.

Está prevista la participación de la Dra. Elizabeth Cardis, Directora del Programa sobre Radiaciones Ionizantes y Cáncer del IARC (Agencia Internacional del Cáncer - Lyon) y los epidemiólogos Dres. Rodríguez Artalejo y López Abente, del Ministerio de Sanidad y Consumo. Asimismo se solicitará la colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear.

### GRUPO DE TRABAJO SOBRE EMERGENCIAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

#### Coordinador:

M. Marco

#### Miembros:

Carmen Baixeras, Juan M. Campayo, Juan M. Cañizares, Tomás Casanova, Francisco Díaz de la Cruz, Andrés Gómez, María Teresa Macías, Alfonso Martínez, Inmaculada Piles, Juan I. Villaescusa.

#### Informe

El grupo de trabajo ha elaborado un borrador de documento que se presentará en la sesión de posters del congreso de la Sociedad Española de PR sobre:

Análisis de emergencias en instalaciones radiactivas

El objetivo del documento es describir las situaciones que desencadenarían la activación del Plan de Emergencia en instalaciones radiactivas industriales, de investigación y médicas, así como detallar las acciones a realizar en cada una de las situaciones de emergencia.

Este documento pretende servir de base para armonizar los criterios de activación del Plan de Emergencia y sobre todo las acciones correctoras.

El documento se dirigirá a estudiar y evaluar las situaciones de emergencia de las instalaciones radiactivas industriales, de investigación y médicas; tanto en el uso de fuentes encapsuladas o generadores de radiaciones ionizantes como en el uso de fuentes no encapsuladas.

## IRPA-9 1996 INTERNATIONAL CONGRESS ON RADIATION PROTECTION

### INTRODUCCIÓN

**E**l Comité Organizador del Congreso IRPA-9 ha sido presidido por el Dr. Klaus Duftschmid, de la Sociedad Austríaca de Protección Radiológica, y el Comité de Programa, responsable del contenido científico, ha sido presidido por el Dr. Herwig Paretzke, de la Sociedad Germano-Suiza. Este acontecimiento científico ha contado con la participación de los más prestigiosos expertos en las diferentes áreas de la protección radiológica.

Este Congreso ha permitido hacer una revisión de la situación actual de la protección radiológica así como del grado de desarrollo de la misma en las diferentes sociedades integrantes de la IRPA. Se han establecido relaciones de colaboración entre diferentes sociedades. Durante estos días se han intercambiado opiniones y se ha tratado de aunar criterios en aspectos genéricos y específicos de la protección radiológica, al tiempo que se ha hecho un análisis de aquellos aspectos pendientes por resolver.

### DESARROLLO DEL CONGRESO

El programa científico ha introducido una nueva estructura que incluía 7 Conferencia Plenarias, 16 Simposium sobre tópicos específicos de protección radiológica, 12 Minipresentaciones de pos-

ters, sesiones de posters, 16 Cursos de formación y una sesión de síntesis del Congreso.

La Ceremonia de apertura fue presidida por el Presidente saliente de la IRPA, Dr. Charles Meinhold, contando con la presencia del Ministro austríaco de Medio Ambiente y el Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Después de la ceremonia indicada, el Dr. Dan Beninson, Premio Sievert 1996, presentó la Conferencia "Sievert", dedicada a los riesgos derivados de las bajas dosis de radiación.

Las sesiones plenarias incluyeron presentaciones sobre el Centenario del descubrimiento de los Rayos X y la radiactividad, las conclusiones derivadas de la Conferencia sobre el décimo aniversario del accidente de Chernobyl y los trabajos recientes de las organizaciones internacionales ICRP, ICRIJ, ICNIRP Y UNSCEAR.

En los Simposium se han desarrollado diferentes bloques temáticos, desde los efectos biológicos hasta la gestión de los residuos radiactivos, incluyendo radiaciones no ionizantes. Cada uno de ellos fue presentado por tres o cuatro ponentes invitados. Las presentaciones fueron seguidas de discusiones contando con la participación de los asistentes a las mismas.

Los Cursos de "refresco" han permitido actualizar los conocimientos en diferentes aspectos de la protección radiológica, cumpliendo uno de los objetivos de la IRPA de hacer llegar nueva información especialmente a las pequeñas sociedades o sociedades de nueva creación.

Las sesiones de posters han cubierto todos los aspectos relacionados con la investigación y aplicaciones de la protección radiológica. Se han presentado más de 900 posters durante el desarrollo del Congreso. Todos los posters presentados en el Congreso fueron discutidos en las sesiones correspondientes y se realizaron doce Minipresentaciones, en las que los autores de 200 posters seleccionados indicaron los aspectos más relevantes de sus trabajos.

La sesión final estuvo dedicada a realizar una recapitulación de las tendencias más importantes, así como de los nuevos desarrollos presentados durante el Congreso. Contó con la asistencia de los Presidentes de las sesiones de Simposium y de Posters quienes presentaron un resumen de las discusiones y conclusiones con objeto de elaborar el mensaje básico derivado del IRPA-9. Un informe detallado de esta sesión será publicado en la revista "Health Physics" en un futuro próximo.

Dada la relevancia científica del Congreso IRPA-9 se publica a continuación un breve resumen indicando los títulos



de las Conferencias Invitadas así como de los Cursos de Refresco desarrollados. A continuación aparecen reflejados los bloques temáticos expuestos en los diferentes Simposium y en las numerosas sesiones de posters.

Si alguna persona está interesada en obtener más información o en conseguir copia de algún trabajo se puede poner en contacto con el Servicio de Publicaciones.

En paralelo con el programa científico se realizaron una serie de actividades propias de la IRPA. Entre ellas destaca, como se ha indicado en la sección de Noticias de la SEPR, la elección de nuevos miembros para el Consejo Ejecutivo y la elección de la Sociedad encargada de organizar el próximo Congreso, decisiones ambas tomadas en la Asamblea General de la IRPA.

Se ha seleccionado la Sociedad Japonesa para organizar el Congreso IRPA-10, quedando la candidatura española en segundo lugar y la propuesta nórdica en tercero.

En la elección del Consejo Ejecutivo han resultado electos:

Presidente: Klaus Duftschmid (Austria).

Vicepresidente: Geof Webb (Reino Unido).

Vicepresidente para Congresos: Tomoko Kusama (Japón).

Director de publicaciones: Frank Masse (EEUU).

Otros miembros electos: Bill Mills (EEUU), Jack Valentin (Suecia), David Cancio (España).

Continúan como miembros: Jacques Lochard (Francia) y Sukehito Koga (Japón), así como el Tesorero R. Mauhart (Alemania) y el Secretario Ejecutivo C. Huyskens (Holanda).

#### \* Conferencias invitadas

L-0.- Risk of Radiation at Low Doses. *D. Beninson (Argentina).*

L- 1.- One Hundred Years of X-Rays and Radioactivity - Radiation.

Protection: Then and Now.

*C.B. Meinhold (USA).*

L-2.- Impacto of the Chernobyl Accident - Summary of the IAEA Conference.

*A. Kaul (Germany).*

L-3.- Assessments by UNSCEAR on Radiation Sources and Effects.

*B. G. Bennett (USA).*

L-4.- Developments in the work of the International Commission on Radiological Protection of Importance for Radiation Protection.

*R.H. Clarke (UK).*

L-5.- Developments in the ICRU of importance for Radiation Protection.

*K.E. Duftschmid (Austria).*

L-6.- Electromagnetic fields and cancer: how ICNIRP has dealt with this Issue.

*M.H. Repacholi.*

#### \* Sesiones de Póster

PS-1.- *Natural Radiation Exposure.*

- Radon.

- Other terrestrial Sources.

- Cosmic Radiation.

PS-2.- *Biological Effects of Ionizing Radiation.*

- Epidemiology.

- Risk Assessments.

- Radiobiology.

- Animal studies.

- Human experiences.

- Chernobyl health effects.

PS-3.- *Dosimetry and Instrumentation.*

- Internal.

- Contamination (including hot particles).

- Biological.

- Retrospective.

- External.

PS-4.- *Radiation Protection in the Environment.*

- Measurements.

- Assessment Models.

- Consequences of accidents.

- Emergency management.

- Countermeasures.

- Waste management.

- Decommissioning. Site restoration.

PS-5.- *Radiation Protection at work places.*

- Mining and milling.

- Nuclear facilities.

- Industrial facilities.

- Accelerators.

- Other workplaces.

- Transport of radioactive material.

PS-6.- *Radiation Protection in medicine.*

- Diagnostic Radiology.

- Nuclear Medicine.

- Radiotherapy.

- Worker protection.

PS-7.- *Non-Ionizing Radiation Protection.*

- Low frequency EM fields.
- High frequency EM fields.
- Optical, UV; Lasers.
- General.
- PS-8.- Standards and interpretation.*
- Exemptions: exclusions.
- Administrative control of sources.
- Dose concepts. Constraints and limits.
- Optimisation: decision aiding techniques.
- Intervention.
- Potential exposures.
- Regulations.
- Ethical aspects: risk comparison, perception.
- Training and education.

**\* Cursos de Refresco**

- R-01.- Radon.
- R-02.- How to assess the dose to the patient in Diagnostic Radiology.
- R-03.- How to train and Educate the worker in Radiation Protection.
- R-04.- How to achieve safety when handling lasers.
- R-05.- How large is the exposure in aircraft and space vehicles.
- R-06.- Biological dosimetry.
- R-07.- RF and microwave measurements.
- R-08.- How to apply Optimisation in Radiation Protection.
- R-09.- Environmental measurements.

- R-10.- Safety considerations for radionuclide sources in industry.
- R-11.- Physics of radiation detectors.
- R-12.- Dosimetric concepts and calibration.
- R-13.- Shielding of accelerator facilities.
- R-14.- Transport of radioactive material.
- R-15.- Personnel dosimetry.
- R-16.- How to do epidemiology.

**\* Symposium**

- S-01.- Counter measures and remediation.
- S-02.- Radiation Protection at accelerator facilities.
- S-03.- Internal dosimetry.
- S-04.- Epidemiology and probability of causation.
- S-05.- Environmental measurements and assesments.
- S-06.- Radiation Protection of the patient and staff.
- S-07.- Radiation Biology.
- S-08.- ELF and mobile telephones.
- S-09.- Radon.
- S-10.- Radiation Protection of Nuclear Facilities.
- S-11.- External dosimetry.
- S-12.- Ultraviolet radiation.
- S-13.- Waste management.
- S-14.- Safety of large radiation sources.
- S-15.- Retrospective Dose assessment.
- S-16.- Risk evaluation and decision making.

**TRABAJOS ESPAÑOLES  
PRESENTADOS EN EL CONGRESO  
IRPA - 9 VIENA 1996**

**\* Radon**

- Indoor radon levels in a public school and some dwellings in the village of Teiá, Catalonia (Spain).  
*C. Baixeras, L. Font, F. Fernandez, C. Domingo* (Bellaterra, SPAIN).

**\* Waste management**

- Guidelines on the handling of radioactive material and waste in hospital and biological research centres.  
*M.T. Macías, A. Castell, P. Olivares, M.T. Ortiz, R. Plaza, A. Sanchez, M. Tellez, J.D. Quesada* (Madrid, Spain).

**\* Radiation protection in medicine**

- Proposal of dose constraints values to the patients in diagnostic radiology.  
*L. Arranz, J.M. Sastre, E. Guibelalde, B. Tobarra, G. Madrid, N. Ferrer, J.C. De Andrés* (Madrid, Spain).
- Assessment of entrance surface dose (ESD) values in relation to the techniques used in diagnostic radiology.  
*M. Fernández Bordes, M. Alonso, L. Arranz, I. Hernando, R. Barquero, M.J. Castaneda, N. Díaz Caneja, A. García Miguel, J.M. Sastre, P. Gómez, I. Gutierrez, N. Ferrer, R. Torres* (Salamanca, Spain).
- Lessons learned from accidents in radiotherapy.  
*P. Ortiz, J. Novotny, J. Haywood* (Spain).



**\* Non - ionizing radiation protection**

- Analysis of mutagenic effect of low frequency electromagnetic fields fluorescence in situ hybridization (FISH).

*J. García-Sagredo, I. Vallcorba, M. Sánchez-Hombre, M. Resino, M. Ferro, C. San Román* (Madrid, Spain).

**\* Radiation protection at nuclear facilities**

- Safety culture in radiation protection  
*E. Sollet* (Spain)

**\* Safety of large radiation sources**

- Medical uses of radiation sources  
*P. Ortiz* (Spain)

**\* Biological effects of ionizing radiation**

- Conversion coefficients relating air kerma to Hpp (10) and Hp (0,07) for ISO X-ray narrow spectrum series using a PMMA slab phantom.

*M. Ginjaume, X. Ortega, N. De la Corte* (Barcelona, Spain).

- Performance of radioactive measurements by gamma spectrometry with semiconductor detectors using biphasic samples.

*J.M. Lumbreras, G.M. Fernández, A.J. Aller, G. Fernández* (León, Spain)

**\* Radiation protection at workplaces**

- Occupational exposure evolution in Spanish NPP'S.

*P. O'Donnell, T. Labarta, I. Amor* (Madrid, Spain).

- Alara application in Spanish NPP'S: New approach

*P. O'Donnell, T. Labarta, I. Amor* (Madrid, Spain)

- Radioactive contamination control programs in radioactive installations of biological research.

*A. Sánchez, F. Usera, R. Pina, E. Rodríguez, R. Gamo, M. Rúa, M.T. Macías* (Madrid, Spain).

- Radiation protection in the radioactive installations of the Autonomous University of Barcelona.

*C. Baixeras, J. Molero, F. Pérez* (Bellaterra, Spain).



## RESUMEN DE LA CONFERENCIA DE R. H. CLARCKE, PRESIDENTE DEL ICRP, EN EL IRPA-9 - VIENA, ABRIL 96

### PRÓXIMAS PUBLICACIONES

**A** lo largo del presente año y durante 1997 se van a publicar 4 reports del ICRP, ya aprobados por la comisión principal.

**ICRP-71** Factores de dosis para el público para diferentes grupos de edades. Parte 4: Factores de dosis por inhalación. Se adopta el nuevo modelo pulmonar del ICRP-66 (sustituye a la ICRP-56).

**ICRP-72** Compilación de los factores de dosis para el público de las publicaciones 1 a 4.

**ICRP-73** Protección radiológica y seguridad en medicina.

**ICRP-74** Coeficientes de conversión para fuentes externas de radiación para su uso en protección radiológica. Informe conjunto ICRP-ICRU.

### PUNTOS SIGNIFICATIVOS

- El factor de riesgo de cáncer radioinducido de  $5 \times 10^{-2}$  por Sievert no tiene un error de más de 2 en cada dirección, es decir, no es superior a 10 ni inferior a 2,5.

- El factor de ponderación de la radiación  $w_R$  de partículas  $\alpha$  no va a ser modificado.

- El factor de ponderación del tejido  $w_T$  de 0,01 para la superficie de los huesos no va a ser cambiado.

- La Publicación 30 relacionada con la exposición interna de trabajadores va a ser revisada en profundidad, pero no antes del año 2000.

- En el futuro el ICRP no va a recomendar LIA's para controlar la exposición interna. Los LIA's deberán ser establecidos por la dirección en base a consideraciones locales.

- El modelo gastrointestinal de incorporación de radionucleidos va a ser revisado para, entre otras cosas, hacerle específico en función de los grupos de edad e incorporar reciente información anatómica y fisiológica.

- El maniquí MIRD va a ser revisado para hacerlo más realista. Se utilizará la información anatómica disponible procedente de los TAC's y RMN's.

- Se va a revisar la Publicación 35 "Principios generales de la vigilan-

cia radiológica de los trabajadores" para adaptarla a la publicación 60 y tratar temas como las restricciones de dosis, los niveles de referencia y de investigación, clasificación de áreas y trabajadores y demostración del cumplimiento de los límites.

- En 3 ó 4 años se va a publicar un documento de ICRP sobre detalles de protección radiológica asociada a la disposición final de residuos radiactivos de período largo. El ICRP tiene intención de abordar los problemas radiológicos asociados a los residuos radiactivos.

- En relación con los residuos radiactivos y el riesgo individual, los riesgos en el futuro deberán tener menos peso en la toma actual de decisiones.

- La dosis colectiva no es un parámetro útil para toma de decisiones relacionada con los almacenamientos definitivos de residuos radiactivos.

### ASPECTOS DE DESARROLLO FUTURO

- Estudios de los procesos biológicos a nivel molecular asociados con el daño producido por las dosis bajas.



- Declaraciones mostrando los errores de los argumentos a favor de la existencia de umbrales de efectos estocásticos.
- Aceptabilidad del riesgo.
- Desagregación de la dosis colectiva para la toma de decisiones en impactos ambientales y almacenamientos de residuos radiactivos.
- Clarificación del tratamiento a dar al riesgo en escenarios a muy largo plazo.

## ACTIVIDADES DE LOS COMITÉS

### Comité 1 (Efectos biológicos)

- *Grupo de trabajo sobre susceptibilidad genética al cáncer.*

Este grupo ha preparado un primer borrador sobre daño y reparación del DNA, genética y mecanismos de los tumores sólidos y de las neoplasias linfo-hematopoyéticas, radiosensibilidad tumoral y predisposición hereditaria al cáncer junto a los modelos de cómputo para determinar genéticamente el riesgo de cáncer radioinducido.

- *Grupo de trabajo sobre enfermedades multifactoriales.*

El objetivo de este grupo es revisar la clasificación, prevalencia y genética de las enfermedades multifactoriales y proponer modelos de cómputo que permitan realizar una mejor estimación del impacto de nuevas mutaciones radioinducidas en la incidencia de estas enfermedades en la población.

### Comité 2 (Límites secundarios)

Además de los indicados anteriormente sobre los nuevos ICRP's 71 y 72 y sobre la revisión futura del ICRP-30, se está preparando una nueva publicación con coeficientes de dosis al embrión y al feto, a consecuencia de la incorporación única o crónica de radionucleidos por la madre.

Se va a revisar antes de un año la Publicación 54 (Vigilancia Individual para la Incorporación de Radionucleidos por los Trabajadores).

### Comité 3 (Medicina)

Se está trabajando en la preparación de una publicación sobre protección radiológica y seguridad en

Medicina en tres áreas básicas: medicina nuclear; radiología intervencionista, dental y de diagnóstico; y radioterapia.

### Comité 4 (Aplicación práctica de las recomendaciones)

El principal trabajo, casi finalizado, se refiere al reemplazo de la Publicación 35 sobre exposición ocupacional.

Se va a revisar la Publicación 28 sobre exposiciones accidentales y de emergencia de trabajadores.

Se está trabajando en la preparación de un informe sobre las exposiciones potenciales asociadas a fuentes de radiación no nucleares que presentan un riesgo significativo como son los aceleradores de partículas y los irradiadores industriales.

A lo largo del próximo año se espera aprobar un documento sobre protección del público en situaciones de exposición crónica por terrenos contaminados o por prácticas anteriores.

Finalmente, se ha formado un grupo de trabajo para clarificar las recomendaciones del ICRP 46 sobre residuos radiactivos.



## HEALTH PHYSICS SOCIETY\* DECLARACIÓN DE POSICIÓN

### “Los Riesgos Radiológicos en Perspectiva”

Kenneth L. Mossman, Marvin Goldman, Frank Massé, William A. Mills, Keith J. Schlager, Richard J. Vetter

**D**e acuerdo con el conocimiento actual de los riesgos ocasionados por las radiaciones para la salud, la Health Physics Society (HPS) previene contra la estimación cuantitativa de tales riesgos para dosis individuales inferiores a 5 rem<sup>(1)</sup> recibidas en un año o de 10 rem a lo largo de toda la vida adicionales a las debidas al fondo radiactivo natural. La estimación de los riesgos en este rango de dosis debe ser estrictamente cualitativa subrayando la existencia hipotética de consecuencias para la salud pero enfatizando al mismo tiempo la posibilidad razonable de ausencia de efecto adverso alguno sobre la salud. La filosofía actual en protección radiológica se basa en la suposición de que cualquier dosis de radiación, sin importar lo baja que ésta sea, puede originar efectos sobre la salud humana como la inducción de cáncer y daños genéticos hereditarios. Existen evidencias científicas sustanciales de la existencia de riesgos para la salud a dosis altas. Por debajo de 10 rem (incluyendo tanto exposiciones ocupacionales como ambientales), los riesgos de aparición de efectos para la salud son o bien demasiado pequeños para ser observados o inexistentes.

Los estándares y prácticas actuales en radioprotección están basados en la premisa de que cualquier dosis de radiación, por pequeña que sea, puede originar un detrimento para la salud, como cáncer o daño genético. Además, se supone que tal detrimento es directamente proporcional a la dosis recibida, es decir, al duplicarse la dosis también se duplican los efectos producidos. Estas dos suposiciones conducen a una relación dosis-efecto conocida como modelo lineal sin umbral de dosis, para la estimación de efectos sobre la salud en los niveles de dosis de interés. Existen, sin embargo, evidencias científicas sustanciales de que este modelo es una sobresimplificación de la relación dosis-efecto que da lugar a una sobreestimación de los riesgos para la salud en el rango de dosis bajas. Algunos mecanismos biológicos, entre los que se incluye la reparación a nivel celular del daño por radiación, que no se han tenido en cuenta al establecer el modelo lineal sin umbral, reducen la probabilidad de aparición de cánceres y efectos genéticos.

#### **No se han observado efectos radiogénicos sobre la salud por debajo de 10 rem**

En seres humanos se han observado

efectos radiogénicos sobre la salud tan solo para dosis superiores a 10 rem suministradas a altas tasas de dosis. Por debajo de este valor de dosis la estimación de efectos en la salud es de carácter especulativo. Las estimaciones del riesgo que se emplean para predecir efectos sobre la salud en individuos o poblaciones expuestas a radiaciones, están basadas en estudios epidemiológicos sobre poblaciones bien definidas (por ejemplo, los japoneses sobrevivientes a los bombardeos atómicos de 1945 y pacientes sometidos a tratamientos médicos con radiaciones) expuestas a dosis relativamente elevadas y recibidas a tasas de dosis altas. Los estudios epidemiológicos no han demostrado la existencia de efectos adversos sobre la salud en individuos expuestos a dosis bajas (menores que 10 rem) recibidas en un periodo de varios años.

#### **Limitar la estimación cuantitativa del riesgo tan solo para dosis iguales o superiores a 5 rem por año o a 10 rem para todo el periodo de vida**

A la vista de todo lo anterior, la Sociedad (HPS) ha concluido que las estima-

(1) El rem es la unidad de dosis efectiva. En unidades internacionales, 1 rem = 0,01 sievert (sv).



ciones del riesgo deben limitarse a individuos que reciban dosis de al menos 5 rem en un año o de 10 rem en toda su vida añadidas a las debidas al fondo natural. Por debajo de estos valores de dosis no deben hacerse estimaciones del riesgo; la expresión de este riesgo debe ser solamente de naturaleza cualitativa, resaltando la imposibilidad de detectar aumentos del detrimento de la salud (es decir, que lo más probable es que no haya efecto alguno sobre la salud).

### **Impacto sobre la Protección Radiológica**

La limitación en el empleo de estimaciones cuantitativas del riesgo, tal y

como se ha descrito en el párrafo anterior, tiene las siguientes implicaciones para la protección radiológica:

- a) La posibilidad de que puedan ocurrir efectos sobre la salud para dosis bajas no puede ser completamente descartada. Consecuentemente, la estimación del riesgo a dosis bajas debe dirigirse al establecimiento de una panoplia de posibles consecuencias para la salud en el rango de dosis de interés, sin excluir la posibilidad de efectos nulos.
- b) La dosis colectiva (la suma de las dosis individuales en una pobla-

ción expuesta expresada en rem-persona) continúa siendo un índice útil para la cuantificación de las dosis en grupos de población grandes y para comparar la importancia de las exposiciones debidas a diferentes fuentes de radiación. Sin embargo, para una población en la que todos los individuos recibieran dosis inferiores a 10 rem por encima del fondo natural, la dosis colectiva es una medida altamente especulativa e incierta del riesgo asociado y no debiera ser cuantificada para establecer estimaciones de tal riesgo para la salud de la población.

## CONGRESOS Y REUNIONES

### • 12th SYMPOSIUM ON MICRODOSIMETRY

Oxford, UK - 29 Septiembre a 4 de Octubre de 1996

Información: Dr. H.G. Menzel, EC.DGXII/F/6

Rue de la loi 200, B-1049 Brussels, Belgium  
FAX 32 2 296 6256

### • INT. CONFERENCE ON RADIATION AND HEALTH

Beer-Sheva, Israel - Octubre 1996

Soroka Medical Center, PO BOX 151, Beer-Sheva 84101, Israel

### • RADIATION BIOLOGY AND RADIATION PROTECTION

Hannover, Alemania, 23-25

Octubre 1996

Información: Fachverband für Strahlenschutz e.v./GAST, Conference Secretariat Hannover 1996  
Dr. G. Heinemann, c/o Kernwerk Stade, Postfach D-21683 Stade, Alemania

### • 1997 INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION DOSIMETRY AND SAFETY

Taipei, Taiwan Marzo 31-Abril 2, 1997

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

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

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

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

### • INTAKES OF RADIONUCLIDES - OCCUPATIONAL AND PUBLIC EXPOSURE

Avignon, France, 15-18 Septiembre 1997.

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

TGI 1/27, 200 rue de la Loi B-1049 Brussels. Bélgica  
Tel. 32 2 295 298  
FAX 32 2 296 6256

### • WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING

Nice, Francia, 14-19 Septiembre 1997.

Prof. J.A.E. Spaan. Dept. of Medical Physics,

AMC Univ. of Amsterdam, Meibergdreef, 15 Amsterdam 1105 AZ. Holanda

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

Lucerna, Suiza, 15-18 Septiembre 1997.

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

Paul Scherrer Institut CH-5232 Villigen PSI. Suiza

### • 21st SYMPOSIUM ON THE SCIENTIFIC BASIS FOR NUCLEAR WASTE MANAGEMENT

Davos, Suiza, 29 Septiembre - 2 Octubre 1997

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

## CURSOS DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA: PROGRAMACIÓN DEL SEGUNDO SEMESTRE 1996

04/07

Seminario: Dosimetría con centelleadores plásticos. Dosimetría TL de positrones.

12/07

Workshop: Future Directions in Gene Transfer-Based Therapies. Centro Nacional de Biotecnología CSIS-IEE Ciemat.

09/09-20/09

Medida de radiactividad en muestras ambientales. En colaboración con el CEDEX.

30/09-25/10

Curso de Adiestramiento para Supervisores Instalaciones Radiactivas.

14/10-17/10

Medida de radionucleidos por espectrometría gamma.

17/10

Jornada Técnica: Implementación de las nuevas Normas en protección radiológica. En colaboración con la SEPR y el CSN.

04/11-08/11

Curso: Radioquímica básica

10/06-14/06

Curso: protección radiológica para Operar Instalaciones Rayos X.

## CURSOS SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

### • INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA

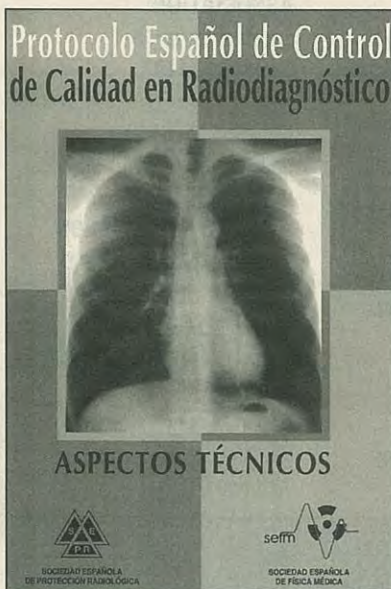
Formación en Protección Radiológica

Avda de la Complutense, 22. 28040 Madrid. Teléfono: 3466298 • Fax: 3466005

## PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO.

### ASPECTOS TÉCNICOS

Sociedad Española de Protección Radiológica - Sociedad Española de Física Médica  
ISBN: 84-87450-70-9



Las Sociedades de Física Médica y de Protección Radiológica han sacado a la luz, en junio de 1996, el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Aspectos Técnicos.

En septiembre de 1993, las Sociedades Españolas de Física Médica y de Protección Radiológica editaron un borrador del protocolo Español sobre los aspectos técnicos del Control de Calidad en Radiodiagnóstico. El documento se distribuyó además a diferentes Organismos, Instituciones, Empresas y reconocidos expertos, tanto a nivel nacional como internacional, relacionados con el tema. El objetivo era, y sigue siendo

transcurridos dos años desde que viera la luz la versión provisional, que el protocolo fuera una guía práctica que se pudiera mejorar con las aportaciones y sugerencias de diferentes colectivos. Aún cuando las aportaciones o críticas en estos dos años no han sido tan abundantes como hubiéramos deseado, no es menos cierto que diferentes puntos de vista: del radiólogo, del radiofísico, del legislador, del técnico, de la empresa privada, han llegado al comité de redacción y, en lo posible, buscando siempre un equilibrio entre —a veces— opiniones contrapuestas, han enriquecido el documento que ahora se presenta.

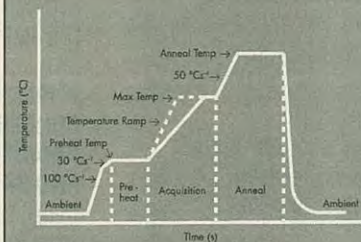
Quedan aún parámetros y temas por tratar, algunos por omisión involuntaria, otros por falta de expertos que hayan querido abordarlos con suficiente dedicación y profundidad. El grupo de personas que han intentado que este documento sea de la mayor utilidad posible, sigue comprometido con el mismo, y desea que en sucesivas revisiones, que deberían realizarse cada dos o tres años, se incluyan todas las aportaciones y mejoras que se vayan recibiendo en las secretarías de las Sociedades de Física Médica y de Protección Radiológica. El comité de redacción insta a todos los usuarios del mismo a proceder en este sentido.

El precio de este libro es de 6.000 pesetas (para los socios de la SEPR o de la IRPA, 3.000 pesetas). Las peticiones deberán dirigirse a:

*Secretaría Técnica SEPR.*  
*Apolonio Morales, 27.*  
*28036 Madrid.*

**E. Vañó, E. Guibelade**

## THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY MATERIALS: PROPERTIES AND USES



Stephen W. S. McKeever  
Marko Moscovitch  
Peter D. Townsend

Nuclear Technology Publishing

## THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY MATERIALS: PROPERTIES AND USES

S.W.S. McKeever, M. Moscovitch and P.D. Townsend.

Nuclear Technology Publishing 1995,  
ISBN 1870965191

En este libro de alrededor de 200 páginas se tratan de manera crítica las propiedades de los materiales termoluminescentes más populares desde el punto de vista de su empleo en dosimetría de radiaciones. La información suministrada a los lectores incluye para la mayor parte de los materiales una discusión bastante profunda, pero en términos muy comprensibles, de los mecanismos y procesos físicos responsables de la respuesta TL. Así, el libro es igualmente aconsejable para investigadores en física de materiales y para dosimetristas que empleen TLD y pretendan alcanzar un

conocimiento de su técnica de medida más allá de recetas y procedimientos recomendados por los propios fabricantes que le vendieron su equipamiento.

Una intención de los autores que queda patente en el desarrollo del texto es la de establecer un nexo asequible a cualquier tipo de lector, entre las propiedades básicas de estado sólido de los materiales tratados y sus propiedades dosimétricas. De esta manera se pueden racionalizar y comprender mejor los procedimientos prácticos de medida. En el libro además se sugieren vías de mejora de las características de los materiales actuales, auténticas líneas de investigación y desarrollo de nuevos materiales propuestas desde la perspectiva de un conocimiento profundo de la física del estado sólido y de la dosimetría de radiaciones.

Sin duda, los comentarios y consideraciones de los autores efectuados desde la autoridad de muchos años de investigación y docencia en ambos campos, física de sólidos y física de radiaciones, pueden ser tomados como una guía para futuras actividades de I+D en TLD, ayudando a superar una etapa en la que han abundado en exceso trabajos pseudocientíficos, puramente fenomenológicos que en nada han ayudado a la mejora y simplificación de los métodos de medida ni a la reputación de esta útil técnica dosimétrica.

Stephen McKeever es Jefe del Departamento de Física de la Oklahoma State University (USA), y tiene una experiencia de más de veinte años en el estudio de procesos luminiscentes activados térmica y ópticamente, siendo autor de más de cien traba-

jos incluyendo varios libros. Es editor en Jefe de Radiation Measurements.

Marko Moscovitch es Profesor asociado en el Departamento de Radiation Medicine de la Universidad de Georgetown en USA. Es autor de más de cincuenta trabajos científicos y de numerosas patentes en explotación en el campo de TLD, muchas de ellas aplicadas en la última generación de lectores Harshaw.

Peter Townsend es Profesor de Física Experimental en la Universidad de Sussex (UK). Comenzó a trabajar en TL en los sesenta en los laboratorios de Bookhaven (USA) y es autor de numerosas publicaciones y libros en propiedades ópticas de sólidos entre ellos materiales TLD.



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

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

## 2. Título y Autores:

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

## 3. Resumen y Abstract en inglés

Tendrán una extensión máxima de 150 palabras y deberán estar redactados de forma que den una idea general del artículo.

## 4. Texto

Estará dividido en las suficientes partes, y ordenado de tal forma, que facilite su lectura y comprensión, ajustándose en lo posible al siguiente esquema:

Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

## 5. Referencia Bibliográfica

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

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

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

## 6. Ilustraciones y Tablas

Se utilizarán aquellas que mejor admitan su reproducción.

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

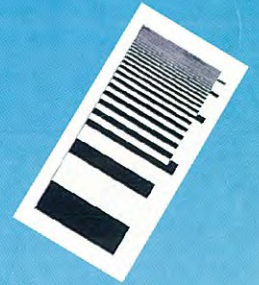
Las **fotografías** se enviarán sobre papel blanco brillante y con un buen contraste. El tamaño serán de 9 x 12 cm.

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

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

**PTW-FREIBURG**

# Control de Calidad en Radiodiagnóstico



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

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



# 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