

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## ▲ **Entrevista:**

**Leopoldo Arranz**

*Presidente del Comité*

*Organizador de IRPA 11*

## ▲ **Tratamiento de RBMA mediante tecnología Plasma**

## ▲ **Aspectos de protección radiológica del desmantelamiento de CN Vandellós I**

## ▲ **Cálculo de la dosis total absorbida por cuarzo en condiciones retrospectivas**

## ▲ **Protección radiológica en tratamientos metabólicos con $^{153}\text{Sm}$ . Experiencia de un año**

Nº 37 • Vol. X • 2003



**Junta Directiva**

Presidente: *Pedro Carboneras.*  
Vicepresidente: *José Gutiérrez.*  
Secretario General: *Ramón Almuquera.*  
Tesorero: *Eduardo Gallego.*  
Vocales: *Francisco Carrera, Belén Fernández, Eugenio Gil, Pablo Gómez, Paloma Marchena.*  
Vicepresidente para el Congreso IRPA 11: *Leopoldo Arranz.*

**Comisión de Asuntos Institucionales**

*Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Cármena, Manuel Fernández Bordes, Ignacio Hernando, M<sup>a</sup> Teresa Macías, Xavier Ortega, Juan José Pena, Manuel Rodríguez, Eduardo Sollet.*  
Responsable: *Pedro Carboneras.*

**Comisión de Actividades Científicas**

*Josep Baró, Cristina Correa, Natividad Ferrer, Fernando González, Fernando Legarda, M<sup>a</sup> Teresa Macías, Patricio O'Donell, Pilar Olivares, Rafael Ruíz, José Carlos Saez.*  
Responsable: *José Gutiérrez.*

**Comisión de Normativa**

*M<sup>a</sup> Luisa Chapel, M<sup>a</sup> Luisa España, Mercè Ginjaume, Isabel Gutiérrez, Araceli Hernández, M<sup>a</sup> Jesús Muñoz, M<sup>a</sup> Teresa Ortiz, Turiano Picazo, Eduardo Sollet.*  
Responsable: *Ramón Almuquera.*

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

*Luis Corpas, Beatriz Gómez-Argüello, José Gutiérrez, Olvido Guzmán, Pilar López Franco, M<sup>a</sup> Teresa Macías, Carlos Prieto, Almudena Real, Eduardo Sollet.*  
Responsable: *Paloma Marchena.*

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Pío Carmena, Jesús de Frutos, Marisa Marco, Patricio O'Donell, María Teresa Ortiz.*  
Responsable: *Eduardo Gallego.*

**RADIOPROTECCIÓN**

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Directora:** *Pilar López Franco*

**Coordinadora:** *Almudena Real*

**Comité de Redacción**

*Agustín Alonso, Beatriz Gómez-Argüello, Paloma Marchena, Matilde Pelegrí, Carlos Prieto, Carmen Roig, Ángeles Sánchez, M<sup>a</sup> T. Macías, L. Martín, X. Ortega, P. Ortiz, T. Ortiz, T. Picazo, R. Puchal, L. Quindos, R. Ruiz, G. Sánchez, V. Serradell, E. Sollet, L. Tobajas, A. Úbeda, E. Vaño*

**Comité Científico**

Presidente: *Agustín Alonso*

*D. Cancio, L. Corpas, F. Cortés, A. Delgado, L. Domínguez, E. Gil, L. González, A. Hernández, I. Hernando, R. Herranz, I. Lequerica, M<sup>a</sup> T. Macías, L. Martín, X. Ortega, P. Ortiz, T. Ortiz, T. Picazo, R. Puchal, L. Quindos, R. Ruiz, G. Sánchez, V. Serradell, E. Sollet, L. Tobajas, A. Úbeda, E. Vaño*

**Realización, Publicidad y Edición:** SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: *Matilde Pelegrí*

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: senda@gruposenda.net

**Imprime:** Publiequipó.

**Depósito Legal:** M-17158-1993 ISSN: 1133-1747



Foto de portada:  
*Salida de personal, asistencia al desvestido.*  
Artículo: *Aspectos de protección radiológica del desmantelamiento de CN Vandellós I.*

**S U M A R I O**

• Editorial	<b>3</b>
• Entrevista	<b>5</b>
<i>Leopoldo Arranz</i> Presidente del Comité Organizador de IRPA 11	
• Noticias	<b>11</b>
- de la SEPR	11
- de España	43
- del Mundo	47
• Colaboraciones	<b>17</b>
- Tratamiento de RBMA mediante tecnología Plasma	17
<i>J.J. Gómez Perales, J.I. Díaz Prada y F. Álvarez Mir</i>	
- Aspectos de protección radiológica del desmantelamiento de CN Vandellós I	22
<i>T. Ortiz y M. Ondaro</i>	
- Cálculo de la dosis total absorbida por cuarzo en condiciones retrospectivas	31
<i>V. Correcher y A. Delgado</i>	
- Protección radiológica en tratamientos metabólicos con <sup>153</sup> Sm. Experiencia de un año	38
<i>M.A. Rivas, P. Ruiz, A. Hernández, A. García, M. Canellas y F. Pizarro</i>	
• Proyectos de Investigación	<b>42</b>
• Publicaciones	<b>51</b>
• Convocatorias	<b>56</b>

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

# Editorial

El pasado mes de agosto ha fallecido el Dr. Dan Beninson, una de las más prestigiosas autoridades mundiales en materia de protección radiológica. Entre otras muchas responsabilidades que ejerció en su carrera profesional, tanto en el ámbito de su país (Argentina), como a escala internacional, ocupó la presidencia de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) durante un largo periodo en el que, entre otras cosas, se aprobaron las recomendaciones que configuran los sistemas que hoy estamos aplicando.

Pero Dan era también (y quizás sobre todo) un hombre de mente lúcida y espíritu abierto, que fue maestro de muchos expertos en protección radiológica que hoy ejercen responsabilidades relevantes en la materia en todo el mundo; y Dan fue, además, un gran amigo de España, de la Sociedad Española de Protección Radiológica y de muchos de nosotros.

Este número de la revista le rinde un pequeño homenaje, a través de una glosa de su figura preparada por su discípulo y amigo, David Cancio. El Comité Organizador de IRPA-11 desea aprovechar el Congreso para rendirle un homenaje de toda la comunidad internacional en Madrid, en mayo de 2004.

¡Descanse en paz nuestro querido maestro y amigo!

También en las últimas semanas hemos conocido y lamentado profundamente el fallecimiento de algunos compañeros de esta Sociedad a los que recordamos en las páginas interiores de este número de la revista. Para todos sus seres queridos, nuestras condolencias y nuestra solidaridad.

El pasado 18 de septiembre se ha celebrado la Asamblea General Ordinaria de nuestra Sociedad. De dicha Asamblea, así como de las decisiones de la Junta Directiva, de las propuestas de las diferentes Comisiones de trabajo y de las actividades realizadas, se va informando a todos los socios, a través tanto de esta revista como de la página electrónica, que desde aquí os invitamos a consultar periódicamente.

Después del número monográfico pasado, que ha recibido excelentes comentarios, el presente retorna a la diversidad, tan propia de nuestra Sociedad, con cuatro artículos de contenido científico y técnico, sobre los siguientes temas:

- Aspectos de PR en el desmantelamiento de la CN Vandellós 1, preparado por profesionales de ENRESA, que presenta de forma bien sintetizada las particularidades que supone la organización, dotación y operativa de la protección radiológica en el desmantelamiento de una central nuclear de potencia, que además fue parada de forma no programada.

- Tratamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad, mediante tecnología de plasma, preparado por profesionales de Iberdrola e Iberinco, que describe el proceso de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico subsiguientes, para desarrollar un equipo industrial que permita la aplicación eficaz de la tecnología del plasma en la gestión óptima de residuos radiactivos.

- Protección radiológica en tratamientos metabólicos con  $^{153}\text{Sm}$ , preparado por profesionales del Hospital Clínico Universitario de Zaragoza, que describe la investigación aplicada llevada a cabo, a lo largo de un año, para derivar y sintetizar las particularidades que podría presentar la aplicación de dicho isótopo (frente al  $^{131}\text{I}$ ), en los aspectos de protección radiológica de los trabajadores y las personas del entorno del paciente, así como en lo relativo a la gestión de los residuos radiactivos generados.

- Cálculo de la dosis total absorbida por el cuarzo en condiciones retrospectivas, preparado por profesionales del CIEMAT, que describe una investigación de carácter más básico sobre la reconstrucción de dosis absorbida, en base a la termoluminiscencia del cuarzo existente en unos ladrillos del área de Chernobil. La investigación logra reducir en un factor de 20 la dosis que puede llegar a ser estimada (de 1 Gy a 50 mGy).

La Junta Directiva desea seguir impulsando la participación de un número creciente de socios en las actividades de la SEPR. Los "Grupos Temáticos" constituyen un vehículo adecuado para ello y de hecho ya están funcionando algunos de los que se definieron hace aproximadamente un año. La orientación específica de estos "Grupos" se debe adaptar a las necesidades de los socios y ya hay algunas ideas sobre ello, pero el deseo de participar y apoyar será siempre indispensable.

Finalmente queremos deciros que los próximos días 3 y 4 de noviembre está programado un Simposio Internacional sobre "Calidad de imagen y dosis a pacientes en radiodiagnóstico" organizado de forma conjunta por la SERAM, la SEFM y la SEPR, gracias al patrocinio de la Fundación Ramón Areces. Encontraréis más información en Internet <http://www.fundacionareces.es>

Cuando se distribuya este número estará un poco más cerca la fecha del Congreso IRPA-11; nuestro próximo gran reto internacional. Las tareas de su organización continúan de forma satisfactoria y a ello están dedicando grandes esfuerzos muchos compañeros de esta Sociedad.

Ante este evento, la Junta Directiva desea seguir animando a todos los socios de la SEPR para mantener una actitud activa y de cooperación, y a seguir difundiendo, cada uno en su ámbito de influencia, la relevancia del mismo para la SEPR y para todos los sectores implicados en nuestro país.

A ello estáis todos cordialmente invitados a comprometeros.





## Entrevista con



Leopoldo  
Arranz

Presidente  
del Comité  
Organizador  
de  IRPA'11

*A falta de ocho meses para el inicio de la Conferencia Internacional IRPA 11, el presidente del comité organizador, Leopoldo Arranz, nos ofrece una detallada valoración sobre los preparativos, fines y perspectivas del esperado encuentro, que reunirá las aportaciones de 75 países en materia de protección radiológica. Madrid acogerá este multitudinario evento, tomando el relevo a la japonesa ciudad de Hiroshima. La Sociedad Española de Protección Radiológica acoge con especial entusiasmo esta edición, que promete novedades y aportaciones ciertamente relevantes.*

### ORÍGENES DE IRPA 11

El nacimiento de la idea de albergar la celebración de un congreso de IRPA vino ligado al nombramiento de Leopoldo Arranz como presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica a comienzos de la década de los años noventa. La creación del Consejo de Seguridad Nuclear y el aumento de la representación española en diversos comités internacionales fueron generando un grado de madurez suficiente que, según expone el propio Leopoldo Arranz, instó al colectivo nacional "a abrir fronteras y salir a respirar nuevos aires europeos".

Fue en 1989 cuando se fraguó la idea, tras unos primeros contactos al respecto mantenidos por el entonces futuro presidente de la SEPR con profesionales franceses e italianos y la CE. La cuestión era dilucidar la disposición y la conveniencia de organizar una conferencia internacional sobre las implicaciones derivadas de las nuevas recomendaciones de la ICRP que estaban a punto de publicarse. Aceptada la iniciativa, se puso en marcha la que sería la primera actividad organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica a escala internacional, el congreso celebrado en Salamanca que, como recuerda Leopoldo Arranz, "fue todo un éxito, pues se dieron cita más de 450 participantes de todo el mundo. Desde entonces, referirse a las implicaciones de las recomendaciones de la ICRP era hablar de 'Salamanca', ciudad en que tuvo lugar el pistoletazo de salida de estos encuentros".

### MADRID, SEDE DE IRPA 11

Salamanca marcó un antes y un después. A partir de ahí, franceses, italianos y españoles se comprometieron a

celebrar un Congreso bienal o trienal. Tras varias convocatorias celebradas en estos países, se adquirió una experiencia que motivó el mirar más lejos. Según afirma Leopoldo Arranz, "fue con motivo del IRPA 8 (Montreal 1992) cuando ya me planteé la idea de que ya le tocaba a nuestro país el turno de organizar un congreso a escala mundial".

Tras consultar con casi un centenar de socios sobre el proyecto, Leopoldo Arranz no dudó que sería bien acogido y la SEPR comenzó a trabajar en su preparación. Tal fue su ímpetu que, tal y como comenta nuestro entrevistado, "los japoneses –que presentaban en Viena, en 1996, su candidatura para albergar el Congreso del año 2000- se preocuparon ante la competencia española, y hubimos de aclararles que nuestro interés estaba depositado en el año 2004, dado que pensar en el 2000 era sin duda prematuro".

### APUESTA MUNDIAL DE SUMA TRASCENDENCIA

Según expone Leopoldo Arranz, con la organización de IRPA 11, la SEPR se erige en anfitriona de un encuentro que reunirá a profesionales procedentes de todo el mundo, "dado que todos ellos están deseosos de presentar los resultados de sus investigaciones en este tipo de congreso, que alcanza en su especialidad la máxima difusión y relevancia".

Leopoldo Arranz hace hincapié en el hecho de que "las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica se producen aproximadamente cada 14-15 años, por lo que todo apunta a que nos encontramos a las puertas de un nuevo periodo en este sentido". Según puntualiza, hace tiempo que se están de-



batiendo los problemas originados con relación a las últimas recomendaciones, conclusiones sobre las que se están postulando unas nuevas, "que han de ser más prácticas y de aplicación más sencilla y entendible, pero sin perder la base del legado anterior".

Leopoldo Arranz precisa que la propia ICRP ha fijado en IRPA 11 el objetivo de cerrar discusiones y presentar un documento que implique la conversión de las conclusiones de los debates en una respuesta oficial. Según afirma, "la simbiosis de ICRP, OIEA y demás organismos internacionales de cara a IRPA genera la conciencia de que con IRPA hay que contar, porque representa a las bases que han de llevar a la práctica del día a día la reglamentación que estos organismos generan día a día".

### LA VOZ DE LA BASE

Según Arranz, el camino que han de llevar las sociedades científicas debe pasar forzosamente por canalizar la voz de las bases, por lo que la IRPA ofrece una excelente plataforma internacional. "Pese a no ser un organismo



con carácter vinculante, posee la fuerza de su independencia como mecanismo de discusión y de debate”, subraya Leopoldo Arranz, añadiendo que a partir de su constitución como foro de puesta en común, “estas sociedades científicas ahora quieren hablar además de escuchar”.

En el interés de todos residirá, por ejemplo, debatir a fondo acerca de los últimos avances producidos en el ámbito de la investigación como consecuencia de lamentables accidentes acaecidos en diversas industrias en los últimos años. “El OIEA está interesado en extraer conclusiones de estos hechos, y claro está que cada nuevo congreso aporta más experiencia al respecto”.

#### GRAN PAPEL DEL ACTUAL COMITÉ CIENTÍFICO

De cara a la celebración del Congreso IRPA 11 era necesario seleccionar los temas principales de la Protección Radiológica, a partir de las implicaciones de la utilización de las radiaciones ionizantes –en lo que respecta al público, los trabajadores y los pacientes. Respecto al diseño del programa científico, destaca la novedosa adopción de un mismo esquema para todas las áreas temáticas. Éste comprenderá, según explica Arranz, cursos de refresco, una conferencia magistral –en la que se expondrá el estado presente y futuro del tema en cuestión-, comunicaciones orales, sesiones de posters y finalmente la exposición de conclusiones.

“Hasta ahora se han presentado más de 1.200 comunicaciones, lo que supone un 10 por ciento más que en el anterior Congreso IRPA celebrado en Japón”. El país del que han partido más aportaciones hasta el momento ha sido

TRABAJOS PRESENTADOS POR PAISES		
País	Nº Resúmenes por país	% por país
Chipre, Ecuador, Estonia, Georgia, Jordania, Nueva Zelanda, Nigeria, Eslovaquia, Túnez, Emiratos Árabes Unidos, Uzbekistan	1	0,08
Argelia, Bolivia, Dinamarca, Ghana, Islandia, Letonia, Libia, Lituania, Arabia Saudí, Sudan, Tanzania	2	0,17
Colombia, Egipto, Hungría, Kenia, Marruecos, Perú, Turquía	3	0,25
Madagascar, Uruguay	4	0,33
Bielorrusia, Bosnia y Herzegovina	5	0,42
Irlanda, Malasia	6	0,50
República Checa, Grecia, Sudáfrica	7	0,58
Méjico	9	0,75
Australia, Irán, Israel, Polonia, Eslovenia, Ucrania	10	0,83
China, Portugal	12	1,00
Croacia, Corea, Holanda, Suiza	13	1,08
Finlandia, Noruega	14	1,16
Bélgica	15	1,25
Rumania, Suecia	17	1,41
India	19	1,58
Argentina	24	2,00
Yugoslavia	26	2,16
Taiwán	27	2,24
Canadá	28	2,33
Cuba	31	2,58
Austria	34	2,83
Italia	35	2,91
Alemania	46	3,82
Estados Unidos	53	4,41
Rusia, Reino Unido	73	6,07
Francia	79	6,57
Brasil	92	7,65
Japón	102	8,48
España	134	11,14
<b>Total número de resúmenes</b>	<b>1.203</b>	<b>100,00</b>

España –con 134-, seguido por Japón (102), Brasil (92), Francia (79), Gran Bretaña (73), Rusia (73) y Estados Unidos (53). “Llama la atención el he-

cho de que, por vez primera, Rusia haya superado el número de aportaciones científicas de Estados Unidos”, lo que revela cierta ‘explosión’ de interés por

TRABAJOS PRESENTADOS POR ÁREAS TEMÁTICAS			
			%
1	Efectos	150	12,47
2	Sistemas PR / Regulación	138	11,47
3	Dosimetría / Instrumentación	240	19,95
4	PR al Paciente	141	11,72
5	PR en el Trabajo	155	12,88
6	PR al Público	207	17,21
7	Incidentes / Accidentes	93	7,73
8	No Ionizantes	54	4,49
9	Influencias Sociales	25	2,08
	<b>Total</b>	<b>1.203</b>	<b>100,00</b>

revelar su trabajo en la materia y ser participe de esta puesta en común de la máxima relevancia.

De entre las 1.200 comunicaciones recibidas, el 20% versa sobre 'Dosimetría e Instrumentación'. Al margen de las aportaciones individuales realizadas para abordar esta y otras problemáticas, "ha de tenerse en cuenta las 16 conferencias magistrales y los 15 cursos de refresco, que están encargados a expertos en la materia, los más sobresalientes en el panorama mundial", destaca Arranz. Todos estos trabajos serán editados y conformarán un bagaje cultural de obligada referencia en el ámbito de la Protección Radiológica. Además se han organizado 5 Mesas Redondas con los temas más polémicos y con la participación de diferentes especialistas de opiniones muchas veces encontradas.

Leopoldo Arranz insiste en la trascendental labor del Comité Científico, "que ha realizado una selección para determinar los trabajos que poseen la categoría científica requerida, así como la actualidad y particularidad necesarias. Asimismo ha efectuado una clasificación temática para, por último, dilucidar si su presentación debe reali-

zarse de manera oral o en poster". Para el Comité, es esencial procurar una adecuada representación geográfica entre los países participantes, "respondiendo a nuestra apuesta por generar congresos abiertos para que todos los países del mundo, incluidos aquellos que se encuentran en vías de desarrollo, puedan aportar su opinión". También en la selección de los presidentes de cada sesión se han tenido en cuenta estos criterios geográficos. Al tiempo, constituye una apuesta permanente el hecho de procurar una fuerte presencia española en las sesiones.

**ALIMENTANDO UN INTERÉS CRECIENTE**

A la par que el Congreso Científico propiamente dicho, IRPA 11 acogerá una exposición de empresas en la que se dará cabida a un amplio abanico de productos. "La exposición técnica pretende ser la más amplia en la historia de IRPA", asegura Leopoldo Arranz, quien nos informa sobre la decidida intención de "favorecer contactos entre empresas de forma personal y directa". Asimismo, explica que diversos organismos relacionados con el

mundo editorial –bibliotecas, publicaciones, etc.- tendrán su sitio en el Congreso y podrán, con motivo del mismo, ampliar su difusión y despertar un mayor interés.

En lo que a las empresas respecta, Leopoldo Arranz señala que "también les debe interesar acudir a quienes aplican tecnológicamente las radiaciones ionizantes", refiriéndose fundamentalmente a la utilización médica en lo que respecta a imagen diagnóstica y terapia.

Asimismo, Arranz destacó que espera la participación de "las grandes empresas eléctricas, lo que supondrá una interesante vía para llegar a los profesionales de la protección radiológica".

**HACIA UN ÉXITO DE PARTICIPACIÓN**

En este momento crece cada día el número de inscripciones, y es importante destacar que "hasta el 1 de febrero, el Comité Organizador contempla la cuota reducida". Según Arranz, se ha llevado a cabo un notable esfuerzo por bajar al máximo la cuota, "teniendo en cuenta que el Palacio de Congresos de Madrid conlleva unos costes muy elevados". Según expone, "se trata de, al mínimo coste, presentar lo mejor y, siendo los objetivos tan ambiciosos, la cuota es inferior a la de las anteriores ediciones de IRPA 8 en Viena (1996) e IRPA 10 en Hiroshima (2000)".

Leopoldo Arranz asegura que habrá ayudas para la concesión de becas, al tiempo que precisa que "el comité organizador ha determinado no mezclar el presupuesto para la gestión y organización del Congreso con la concesión de las becas". Estas se adoptarán en función de la contribución de organismos como OIEA, OPS, GRIAPRA/SEPR, CE, IRPA y, si fuera el caso,



## SOLICITUDES DE BECAS POR PAISES

ARGELIA	2
ARGENTINA	4
AUSTRALIA	1
BIELORRUSIA	4
BOLIVIA	3
BRASIL	9
CROCIA	1
CUBA	17
EGIPTO	1
FINLANDIA	2
GEORGIA	1
ALEMANIA	1
HUNGRÍA	1
INDIA	13
IRÁN	1
ISRAEL	1
ITALIA	2
JAPÓN	1
JORDANIA	1
KENIA	2
LETONIA	1
MADAGASCAR	2
MARRUECOS	2
PEPÚBLICA CHINA	3
PERÚ	2
RUMANIA	10
RUSIA	10
SERBIA	2
SUDÁFRICA	5
ESPAÑA	3
SUDAN	3
SUIZA	1
TANZANIA	1
TÚNEZ	2
TURQUÍA	1
UCRANIA	2
URUGUAY	7
ESTADOS UNIDOS	1
UZBEKISTAN	1
VENEZUELA	1
YUGOSLAVIA	2
<b>TOTAL</b>	<b>130</b>

a través de la participación del Ministerio de Sanidad, el Consejo de Seguridad Nuclear o algunas centrales nucleares españolas. La concesión de becas se realizará "a través de una gestión transparente de las mismas, que serán concedidas a aquellas personas que más lo necesiten y que hayan presentado un trabajo con una buena calificación por parte del Comité Científico". Hasta el momento se han registrado 130 solicitudes, el mayor número de ellas procedente de Iberoamérica y Centroeuropa.

Leopoldo Arranz ha querido transmitir su reconocimiento y gratitud "a todos aquellos patrocinadores que han apoyado el Congreso desde el principio, pues ha sido básica su contribución económica, como el caso del CSN, ENRESA, CIEMAT, ENUSA y UNESA". Respecto al Comité de Honor, Arranz valora muy positivamente el apoyo de la Casa Real, de varios ministros y algunos presidentes autonómicos.

Tal y como nos recuerda, "el proyecto de organización de este congreso implica un coste del orden de un millón de euros", a lo que añade que, si todo marcha bien y la convocatoria se salda con el éxito vaticinado, podrán compensarse los gastos derivados de su preparación.

Diversas exhibiciones de música y danza española, pondrán una nota colorista a las jornadas. Como adelanto del programa social, Leopoldo Arranz anuncia que tendrán lugar una representación de música goyesca, con un cuadro de baile cuyas actuaciones terminarán configurando conocidas escenas que el pintor español plasmó en sus obras. Asimismo, la música flamenca tendrá su espacio, "pues no olvidemos que así lo espera el público extranjero", concluye el presidente del Comité Organizador. Asimismo se ha organizado la cena de clausura en un

lugar excepcional y, para los aficionados al golf, el primer torneo IRPA, al finalizar el Congreso "en el que el primer inscrito ha sido su presidente!"

### IRPA HACE BANDERA

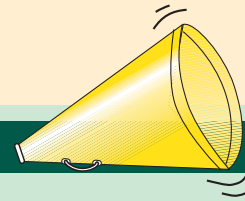
Entre las novedades que entrañará la Conferencia Internacional IRPA 11, Arranz destaca "la entrega de la bandera de IRPA, creada para la ocasión, a los organizadores del próximo Congreso, a modo de testigo". Tres son los países candidatos a acoger la próxima edición en 2008: Argentina, Gran Bretaña (concretamente, Edimburgo -Escocia-) y Finlandia.

Leopoldo Arranz confía en que las grandes expectativas que se ciernen sobre este Congreso sigan despertando interés con el paso de los meses. Cita, como ejemplo, las razones que han llevado a grandes profesionales a confirmar su asistencia. En este sentido, aprovecha para comentar la concesión del premio Sievert, el de mayor prestigio científico en el campo de la Protección Radiológica, a Abel González (OIEA).

Por último, Leopoldo Arranz no olvida destacar el gran esfuerzo de las numerosas personas que trabajan en la organización de este evento "28 personas entre los comités Organizador (ICOC) y Soporte (ICSC)", e insiste en la importante movilización de recursos que requiere la ocasión "para que todo esté a punto hasta en los más mínimos detalles".

Una reflexión más que necesaria, si tenemos en cuenta que IRPA engloba más de 55 países y que, hasta la fecha, todos ellos y veinte más han demostrado su interés por la convocatoria de 2004, aportando en su conjunto más de 1.200 contribuciones al evento.





### La Junta Directiva Informa

#### INTRODUCCIÓN

- La Junta Directiva celebró el pasado 18 de septiembre su tercera reunión ordinaria del año 2003, en combinación con la Conferencia internacional sobre formación que se celebraba en el CIEMAT en la misma fecha, y también coordinada con la Asamblea General ordinaria de la SEPR.
- La reunión se celebró en las instalaciones del CIEMAT, por invitación de la Dirección del Centro, a quien se agradecen las atenciones recibidas.
- Asistieron todos los miembros de la Junta Directiva, excepto el tesorero, Eduardo Gallego, que se encontraba fuera de España por un viaje profesional.

#### PRINCIPALES TEMAS TRATADOS DE INTERÉS MÁS GENERAL PARA SUS SOCIOS

- La Junta Directiva anima a la utilización profesional de diversos documentos que se han producido en los últimos años con participación de la SEPR y ha establecido mecanismos para recoger la experiencia que se vaya acumulando y actuar en consecuencia hacia el futuro:
  - Protocolo de calibración de activímetros.
  - Protocolo de control de calidad en radiodiagnóstico.
  - Guías técnicas de gestión de materiales residuales en IIRR.
  - Manual genérico de PR en el ámbito sanitario.
  - Documento técnico sobre la protección radiológica de las trabajadoras gestantes en el ámbito sanitario.
  - Protocolo de control de efluentes de IIRR del ámbito sanitario.
  - Situación y necesidades en "metrología".
  - Documentos de ICRP traducidos.
- Se ruega a todos los socios que informen a la Junta Directiva por el cauce más operativo posible de sus pareceres

y opiniones sobre la experiencia de uso de estos documentos.

- La Junta Directiva mantiene un interés particular en las relaciones con las autoridades nacionales (CSN y Ministerio de Sanidad).
  - Con el CSN, las actuaciones actuales principales son:
    - a) Mantenimiento y operatividad del "Foro" de trabajo en el ámbito sanitario, junto con la SEFM. En este campo hay ya una serie de realidades producidas y se mantienen operativos diversos grupos de trabajo en la actualidad y otras actividades identificadas para el futuro.
      - En breve, un artículo de la revista *Radioprotección* describirá con detalle el trabajo del "Foro". Entretanto, la página electrónica va recogiendo información resumida sobre sus actividades.
      - b) Establecimiento de unos Acuerdos formales, por los que el CSN encargaría a la SEPR y la SEFM la realización de diversas actividades en el campo de la formación y la información en materia de protección radiológica, aportando la financiación necesaria. Se firmó ya el Acuerdo Marco y se está ultimando ahora el Específico primero.
      - c) El CSN viene solicitando de la SEPR la traducción al castellano de diversos documentos del OIEA, como una actividad remunerada. Se han traducido ya nueve documentos y están en proceso otros dos.
      - d) El CSN remite a la SEPR diversos documentos de carácter "normativo" en preparación, para recabar sus comentarios, lo que se produce a través de la Comisión correspondiente, según los Estatutos.
      - e) Existen además otros diversos aspectos de esta relación entre los que se desea destacar el apoyo sistemático que el CSN viene ofreciendo para el desarrollo de los Planes de Actividades anuales de la SEPR, así como para el Congreso IRPA-11.

- Con el Ministerio de Sanidad, las actuaciones actuales principales son:

- a) Participación en la Comisión Nacional de la especialidad de radiología hospitalaria, con el compromiso de informar a los socios dentro del respeto debido a las normas de funcionamiento de la misma.
  - b) Participación técnica (no institucional) en la Ponencia de Protección Radiológica de la Comisión Internacional del SNS, en determinadas actividades tales como:
    - Presentación del "Manual genérico de PR" en la reunión de febrero de 2003.
    - Nombrado un representante para participar en las actividades operativas sobre la implantación del SIPREM.
    - Participación en el grupo de trabajo específico sobre el programa de formación de segundo nivel en PR para los profesionales de la cardiología intervencionista.
    - Apoyo en la preparación de una posible jornada específica sobre "Formación en PR" en una próxima reunión de la Ponencia.
  - c) Otras diversas gestiones orientadas a la consideración de la materia de PR en la formación de los profesionales sanitarios, a mantener un ofrecimiento continuo de colaboración y a obtener su apoyo para las actividades de la SEPR, incluyendo de forma destacada el Congreso IRPA-11.
- La Junta Directiva mantiene su impulso para la colaboración con otras sociedades en ámbito de interés común. En este sentido:
    - Se colabora de forma habitual con la SEFM y se ha impulsado la formación de un grupo técnico que explore posibles vías de optimizar esta colaboración, incluyendo la posibilidad de coordinar la celebración de los respectivos congresos ordinarios. Se está a la espera de la posición de la SEFM.
    - Se colabora de forma habitual con la SNE. Recientemente se ha puesto en marcha una iniciativa para analizar la

viabilidad y en su caso acometer las acciones operativas precisas para publicar un número monográfico conjunto de las respectivas revistas en coincidencia con IRPA-11. Se ha invitado también a la SEFM.

- Se colabora con otras sociedades de forma más puntual y específica. En concreto se ha hecho con la SERAM y con la SEMN; con la primera y bajo el patrocinio de la Fundación "Ramón Areces", se organizan unas jornadas sobre "Dosimetría del paciente en radiodiagnóstico" los próximos 3 y 4 de noviembre (ver página electrónica).

- La Junta Directiva ha recibido de la Comisión de Actividades Científicas y analizado un esquema general de actividades que la SEPR podría desarrollar en el ámbito de la "Formación-Información", considerando los diversos tipos de actividad y los distintos colectivos de destino. El esquema será próximamente accesible en la página electrónica de la Sociedad, y le será entregado al "Grupo Temático" específico para que lo desarrolle y para que vaya proponiendo actuaciones concretas. En paralelo, se han identificado ya algunas acciones específicas que serán incorporadas a los "Planes de Actividades" de la SEPR para 2004 y 2005.

En esta área se prevé un fuerte incremento de actividades en los próximos años y se precisará el apoyo de todos los socios con interés en la materia.

- La Junta Directiva ha identificado una docena de actividades que la SEPR podría realizar en los años 2004, 2005 y siguientes. Ahora la tarea pasa a la Comisión de Actividades Científicas para preparar los correspondientes planes anuales.

El Plan de Actividades de 2004 se espera que esté disponible en enero-febrero, dada la existencia del Congreso IRPA-11. En relación con esto, se prevé la realización de una jornada específica, en septiembre 2004, en la que se resuma la repercusión de dicho congreso en la SEPR y sus actividades. En coordinación con ella, se celebrará la Asamblea General ordinaria y la renovación correspondiente de la actual Junta Directiva, quien anima a todos

los socios a preparar ya los correspondientes relevantes.

- La Junta Directiva recibió el informe correspondiente del vicepresidente para Congresos, sobre las actividades preparatorias del Congreso IRPA-11.

El mensaje general es muy positivo, dada la información que se va obteniendo sobre interés y participación en el mismo, cuyos detalles pueden ser consultados en la página electrónica específica del mismo.

La Junta Directiva desea recabar de todos los socios, de forma enfática, su apoyo directo y entusiasta en estos próximos meses, cruciales para el éxito de este congreso que organiza la SEPR.

La Junta Directiva recibió asimismo el informe del tesorero, que recoge una situación actual confortable, pero en la que hay que considerar la incidencia próxima del Congreso IRPA-11.

Igualmente se recibió el informe del secretario general, que ofrece una imagen de normalidad en el funcionamiento de la Sociedad, a la que se siguen sumando socios.

- La Junta Directiva mantiene, como objetivo preferente de su actuación, impulsar por cualquier vía aceptable la participación creciente de los socios en las actividades de la Sociedad. En el momento actual está planteada, entre otras iniciativas ordinarias, la constitución de "Grupos Temáticos" (ver revista y página electrónica), y de hecho ya existen algunos en funcionamiento.

Desde la Comisión de Asuntos Institucionales y también por parte de algunos socios se han recibido diversas ideas y sugerencias para completar y optimizar la existencia de estos "Grupos Temáticos", que sigue considerándose una iniciativa positiva y viable. De la forma en que todo esto vaya finalmente cuajando en propuestas concretas, se irá informando a través de la página electrónica y de la revista.

Entretanto, la Junta Directiva desea animar a todos los socios, y con mayor énfasis a los identificados como "coordinadores" de alguno de los actuales "Grupos Temáticos", a promover el comienzo de los mismos, que no necesariamente será perfecto o ideal, pero

que puede servir para dar un paso hacia delante y para optimizar el modo de avanzar en el futuro hacia el objetivo final compartido, que es el de mejorar la operatividad de la SEPR y la utilidad de su actuaciones para los socios.

- La Junta Directiva se ocupó, finalmente, de otros muchos aspectos del funcionamiento ordinario de la Sociedad. De entre ellos, y como ya se informó en la Asamblea General del mismo día, se destaca la decisión de celebrar los próximos Congresos ordinarios en los "años impares" (para evitar colisionar con actividades de IRPA especialmente relevantes), comenzando por el del año 2005, que se celebraría, en principio, en la tercera semana de septiembre, en un lugar que se decidirá de forma final a lo largo de octubre, una vez considerada la respuesta de la SEFM al planteamiento efectuado (ver un punto anterior) y a la luz de las posibles candidaturas de la SEPR que se reciban adicionales a la que ya ha sido presentada de Huelva (Francisco Carrera y Juan Pedro Bolívar). Se informará de modo adecuado en la página electrónica de la decisión adoptada.

- La Junta Directiva está decidida a mantener el actual nivel de información y transparencia de sus actuaciones ante los socios y espera de todos sus sugerencias y opiniones; para facilitarlas y siguiendo una recomendación recibida de la Comisión de Asuntos Institucionales, se planea habilitar próximamente un área específica en la página electrónica de la Sociedad.

*La Junta Directiva de la SEPR*

*Toda la información sobre las actividades de la Comisión de Asuntos Institucionales y los acuerdos alcanzados con otras instituciones, que fue tratada en la reunión celebrada el pasado 18 de septiembre en Madrid por dicha Comisión, puede consultarse en la página electrónica de la SEPR.*

## Asamblea General de la SEPR



Miembros de la Junta Directiva de la SEPR durante la Asamblea General.

El pasado 18 de septiembre se celebró en Madrid la Asamblea General anual de la SEPR. De lo tratado en la misma, podemos destacar lo siguiente:

El último año ha sido muy activo y fructífero en diversos ámbitos de actuación de nuestra Sociedad. En cuanto a jornadas y a actos científico-técnicos, la SEPR ha promovido o participado en ocho eventos.

En el ámbito de publicaciones y documentos, la Sociedad ha traducido, colaborado en la redacción o revisión, y difundido numerosos documentos técnicos.

El foro conjunto CSN-SEFM-SEPR se ha confirmado como un foro operativo con interés mantenido y con múltiples actividades en curso. Asimismo se ha mantenido una relación institucional frecuente con el Ministerio de Sanidad.

En lo relativo al funcionamiento organizativo de la Sociedad, se han logrado avances importantes, y las distintas Comisiones han desarrollado una intensa labor. Podemos también destacar que se ha mantenido una colaboración con otras sociedades e instituciones, así como una activa participación en los foros nacionales e internacionales de nuestro ámbito de actuación. En este punto tenemos que resaltar el intenso y eficaz trabajo que está haciéndose sobre la promoción y preparación del Congreso IRPA-11, que se celebrará en mayo de 2004 en Madrid.

Pasando a otros aspectos de la gestión de la Sociedad, hemos de felicitarnos de

que el ejercicio se haya cerrado con un ligero superávit en sus cuentas de ingresos y gastos, dejando a la SEPR con un balance netamente positivo que permitirá abordar con garantías de éxito el ejercicio que está comenzando.

También debemos alegrarnos de que nuestra Sociedad haya crecido en su número de socios, contando actualmente con 588 socios numerarios y 18 corporativos.

En nuestra página web será puesta a disposición del público el acta de la Asamblea.

*Comité de Redacción*

### Simposium Internacional sobre "Calidad de imagen y dosis a pacientes en radiodiagnóstico"

Los próximos días 3 y 4 de noviembre tendrá lugar en la Fundación Ramón Areces de Madrid (C/ Vitruvio, 5) la celebración del Simposio Internacional sobre "Calidad de imagen y dosis a pacientes en radiodiagnóstico", que contará con la presencia de la ministra de Sanidad y Consumo Ana Pastor.

En el simposio, que está patrocinado por la Fundación Ramón Areces y organizado por las Sociedades Españolas

de Protección Radiológica (SEPR), Física Médica (SEFM) y Radiología Médica (SERAM), se analizarán los siguientes temas:

- Desde la cesión de energía hasta las consecuencias radiobiológicas.

- Procedimientos de radiodiagnóstico en oncología, un paradigma del complejo proceso médico para el diagnóstico y la terapia.

- Calidad de imagen en radiodiagnóstico. Justificación de procedimientos. Protocolos.

- El uso de los niveles de referencia en la dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico: experiencia en el Reino Unido.

- Tendencias actuales en dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico: experiencia en España.

- Midiendo, gestionando y entendiendo las dosis en los procesos intervencionistas guiados por fluoroscopia.

- Calidad de imagen y dosis en mamografía. Experiencia en el Hospital Karolinska de Estocolmo.

- La mamografía, ¿un logro social?

- Calidad de imagen y dosis en mamografía. Experiencia en el Hospital Universitario de Virginia.

- Dosis y calidad de imagen en TC pediátrico: protocolos.

El programa completo de este Simposio Internacional, cuya inscripción es gratuita, puede consultarse en la página electrónica de la SEPR.

*Comité de Redacción*

### Área temática "Efectos de las radiaciones ionizantes. Epidemiología. Dosimetría Biológica. Control médico de trabajadores"

Como seguro que todos los socios de la SEPR sabrán, durante el IX Congreso de Bilbao de 2002 se aceptó la propuesta, realizada por nuestro presidente Pedro

## IN MEMORIAM



A principios del mes de julio ha fallecido nuestro compañero José María Cordero Peinado de manera inesperada.

José María se licenció en Medicina en la Universidad de Granada brillantemente e ingresó en el Cuerpo de Sanidad Militar sirviendo como médico en Cartagena, el Sahara y Burgos.

Con posterioridad ingresa como alumno de la especialidad de Medicina Nuclear, y terminó quedándose destinado en el Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Militar Generalísimo Franco. En este hospital desarrolló su labor en el campo de la hematología nuclear y en los tratamientos con isótopos radiactivos.

En el año 1985 todo el Servicio de Medicina Nuclear se traslada al Hospital Central Gómez Ulla, donde se hace cargo de todas las cuestiones de licenciamiento y protección radiológica montando la unidad de tratamiento con yodo 131.

Realiza el Curso Superior de Protección Radiológica y en el año 90 crea el Servicio de Protección Radiológica del Hospital, cuya jefatura ostentaba y que serviría también para dar cobertura a los Centros del Ministerio de Defensa.

En el año 2000 obtiene la especialidad de Radiofísica Hospitalaria.

Su talante humano, sus conocimientos y su bondad han dejado una huella en todos los que hemos trabajado y conocido a José María Cordero. Trasmítimos a su familia nuestro pesar por esta pérdida irreparable.

José María descansa en paz.

Juan Amador

Dr. Cordero, José María, Pepe, en cualquiera de sus tres acepciones y en un estrato más profundo seguimos recordándole como compañero emprendedor, batallador y siempre abierto a la discusión, a la escucha y a proporcionarnos esa ayuda tan necesaria que sólo unos pocos como tú sabéis dar, para solucionar los problemas tanto profesionales como humanos.

Hasta la vista. Tu recuerdo y ejemplo siempre permanecerán entre todos nosotros, compañeros y amigos.

Gustavo López Ortiz



El pasado 23 de agosto ha fallecido, víctima de una larga enfermedad, Agustín Bercedo Calvo, jefe de Protección Radiológica y Seguridad de la central nuclear de Santa María de Garoña.



Unía, como pocos, a sus grandes virtudes humanas, coherencia personal, fidelidad a sus principios, capacidad de entrega, inteligente ironía, trato directo..., magníficas cualidades profesionales.

Debe significarse que a lo largo de su dedicación mantuvo permanente el objetivo de protección al trabajador, integrando de modo singular las visiones del riesgo radiológico y convencional. Promotor entusiasta de proyectos de reducción de dosis, aplicó, con el pragmatismo y eficacia que le caracterizaban, la filosofía ALARA en la instalación a la que se entregó.

Quienes tuvimos la ocasión de trabajar contigo te recordamos y agradecemos tu inmensa colaboración. Descansa en paz.

Alfredo Muntión

Carboneras, de crear diversas "Áreas Temáticas" dentro de la Sociedad. El objetivo general de esta propuesta es facilitar la participación de los socios en el funcionamiento de la SEPR y optimizar el servicio y la utilidad de ésta para ellos, reforzando el contacto entre socios con áreas de interés y problemas comunes.

La puesta en marcha de las áreas temáticas también pretende mejorar las iniciativas sobre actividades científicas, facilitar las aportaciones científicas a la revista de la Sociedad y a otras publicaciones y eventos especializados, promover la participación de la Sociedad en iniciativas de otras organizaciones, y facilitar la preparación de "posturas técnicas" de la Sociedad en diversas áreas temáticas, así como su interacción con el público en general y con los medios de comunicación.

Se han identificado, de forma provisional, un total de quince áreas temáticas, estando cada una de ellas coordinada por dos o tres socios expertos en los temas correspondientes. El documento completo de la propuesta de organización en áreas temáticas se encuentra en la página electrónica de la SEPR (dentro del apartado "Actividades SEPR") en la dirección <http://www.sepr.es/>.

Una de las áreas temáticas definidas es la que trata los temas "Efectos de las radiaciones ionizantes. Epidemiología. Dosimetría Biológica. Control médico de trabajadores", que está coordinada por los autores de esta nota.

El objetivo de esta reseña es proporcionar una visión muy resumida de la situación actual de cada uno de los temas que se incluyen en el área temática que coordinamos y animar a todos los socios que realicen actividades relacionadas o que tengan interés en el seguimiento de dichos temas a formar parte del grupo. Una vez identificados los socios interesados se podrá comenzar a organizar el grupo de trabajo, definir sus objetivos concretos y las principales líneas de actuación a desarrollar en los próximos años.

*Reflexiones sobre el estado actual de conocimiento en los temas del área temática.*

Desde que en 1990 se publicaran las últimas recomendaciones de la ICRP, son

muchos los datos experimentales (en animales de laboratorio o en sistemas celulares *in vitro*) obtenidos sobre los *efectos biológicos de las radiaciones ionizantes*. Sólo hay que revisar los documentos publicados desde 1990 por UNSCEAR relacionados, total o parcialmente, con los efectos biológicos de las radiaciones (1993, 1994, 1996, 2000 y 2001). Destacar que el volumen II de 2000 y el documento de 2001 están enteramente dedicados a este tema. Se ha avanzado mucho en estos años en el conocimiento de muchos aspectos que son de trascendental relevancia para la protección radiológica. Por mencionar sólo algunos de ellos, citar el avance que ha tenido lugar en el conocimiento de: los mecanismos implicados en el desarrollo de cáncer radioinducido; la importancia del contenido genético en la sensibilidad de las personas a desarrollar cáncer (susceptibilidad genética); la influencia de factores físicos (calidad de la radiación, LET) en la respuesta biológica a la radiación y por tanto en los valores de eficacia biológica relativa; la interacción de la radiación con la materia en blancos micrométricos (molécula de ADN) y otros aspectos relacionados con la dosimetría. Hay que mencionar de forma especial aquellos efectos "no convencionales" como la inestabilidad genética o los efectos circunstanciales ("bystander"), que apenas se conocían a principios de los 90 y que, de ser confirmados, podrían obligar a replantear algunos de los dogmas básicos de la radiobiología, con lo que ello implicaría para el actual sistema de protección radiológica.

Importante se considera reclamar prudencia con los resultados de diversos *estudios epidemiológicos* que han venido siendo publicados tanto en el entorno de centrales nucleares como en colectivos definidos, hipotéticamente, como de riesgo. Los datos cuya evidencia es incuestionable, basados en hechos que están en la memoria de todos, bélicos o accidentales, deben servir de referencia respecto a patologías radioinducidas, neoplásicas o no. La frecuente solicitud de este tipo de estudios, basados en simples datos de sospecha y no confirmados dosimétricamente, deben ser rebatidos estableciendo procedimientos adecuados de comunicación que eviten una innecesaria deformación de los hechos. Solamente

cuando la presencia de enfermedades con una incidencia superior a la esperada en colectivos no expuestos a radiaciones ionizantes es demostrable debe abrirse un estudio epidemiológico.

En relación con la *dosimetría biológica*, la técnica de hibridación *in situ* con fluorescencia, más conocida por sus siglas en inglés FISH (Fluorescence *In Situ* Hybridization), ha supuesto un gran avance en el tema, sobre todo en aquellos casos de exposición crónica a radiación ionizante o en situaciones en las que es necesaria la determinación dosimétrica a tiempos largos después de la irradiación. Las técnicas de citogenética clásica han servido para estimar con precisión las dosis de radiación ionizante recibidas por individuos, a partir del número de dicéntricos o micronúcleos presente en los linfocitos de sangre periférica de dichos individuos. Sin embargo, a medida que se disponía de más información sobre este tipo de aberraciones cromosómicas, se ponía de manifiesto que si bien son adecuadas para determinar dosis tras exposiciones agudas y a tiempos cortos después de la irradiación, no parecen ser las más adecuadas para determinar las dosis recibidas por exposiciones crónicas a radiación durante largos periodos de tiempo, debido a su naturaleza inestable (desaparecen en divisiones celulares sucesivas). En este tipo de exposiciones el análisis de translocaciones, aberraciones de naturaleza estable, es más adecuado. Si bien utilizando técnicas de citogenética clásica (bandas G) es posible detectar translocaciones inducidas por radiación, el proceso es tan tedioso y costoso que ningún laboratorio de dosimetría biológica podría plantearse realizar dichos análisis de forma rutinaria. Esto cambia con la técnica de FISH, la cual permite realizar en tiempos y con costes razonables el análisis de aberraciones cromosómicas estables radioinducidas. En la actualidad aún quedan aspectos por resolver en cuanto a la aplicación de FISH en dosimetría biológica, como por ejemplo el número de cromosomas que han de ser "pintados", el tipo de aberraciones que hay que cuantificar, etc., aspectos que seguro se irán resolviendo en los próximos meses.

Debe exigirse a los laboratorios en los que se efectúa una correcta dosimetría bio-

lógica que, además de adecuadas técnicas citogenéticas, dispongan de curvas dosis-efecto para los diversos tipos de radiación (X, gamma y neutrones) que permitan cuantificar no sólo el efecto biológico producido, sino su equivalencia en dosis absorbida, y, como consecuencia de ello, valorar el riesgo en función del factor de ponderación estimado.

Las técnicas de dosimetría biológica deben ser adecuadamente empleadas en aquellas situaciones que realmente lo requieran, y en aquellos casos en que deba estimarse la dosis de radiación externa recibida por uno o varios individuos expuestos de manera accidental o bien para realizar estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas por diferentes causas. Algunas de las circunstancias en las que podrían precisarse estudios dosimétricos por dosimetría biológica son: a) cuando la dosimetría física indica sobreexposición en circunstancias bien definidas, permitiendo definir más exactamente la dosis absorbida por el individuo; b) si la irradiación no ha sido uniforme, la dosimetría biológica permite una aproximación más válida a la dosis recibida por el cuerpo; c) en casos en que la dosimetría física muestra sobreexposiciones inexplicables, con dudas razonables sobre si la persona en cuestión no era portadora del dosímetro; d) irradiaciones accidentales en las que se puedan ver involucradas personas no ocupacionalmente expuestas.

El uso de este tipo de test biológico no debe ser sobredimensionado. Su indicación obedece, por un lado, a cualquiera de estas tres circunstancias: exposición con dosis cercana o justo por encima de los límites de dosis; el trabajador recibe dosis por encima de los límites, pero por debajo del umbral de efectos deterministas; por último, la dosis recibida se encuentra por encima del umbral de efectos deterministas. Debe tenerse en cuenta, además, que las diversas técnicas de dosimetría biológica evidencian un límite de detección, vital a la hora de su prescripción. En el análisis de dicéntricos, el límite para radiaciones de baja LET es de 0,1 Gy y para neutrones 0,05 Gy. En el test de micronúcleos es de 0,1 Gy. Para el ensayo del cometa se estima en 0,05 Gy, y, con la técnica FISH, de 0,05 Gy.

En lo que se refiere al *control médico de los trabajadores*, el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (R.D. 783/2001) establece que la vigilancia sanitaria de este colectivo se basará en los principios generales de la Medicina del Trabajo y en la Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre prevención de riesgos laborales y reglamentos que la desarrollan.

Queda claro que los reconocimientos serán realizados obligatoriamente por un Servicio de Prevención, propio o concertado, y, además, serán sometidos a protocolos específicos con respecto a los factores de riesgo a los que esté expuesto el trabajador.

El contenido y periodicidad de estos protocolos serán establecidos por el Ministerio de Sanidad y Consumo y las comunidades autónomas, a través de la Comisión Interterritorial pertinente. En líneas generales, el nuevo reglamento define que el protocolo de vigilancia médica deberá aplicarse a los trabajadores y en los casos siguientes: a) personas que vayan a ser clasificadas como de categoría A deberán realizar un examen de salud previo; b) dentro de la categoría A, realizarán exámenes de salud periódicos, cada 12 meses o más frecuentemente a criterio médico. Establece además el real decreto que los reconocimientos médicos deberán estar adaptados a las características de la exposición a las radiaciones ionizantes: o de la posible contaminación interna o externa, con especial atención a órganos críticos, en relación con ello; c) vigilancia sanitaria especial en caso de sospecha o superación de alguno de los límites de dosis establecidos, asignación de tareas especiales o tras una ausencia prolongada del trabajo.

La consecuencia del reconocimiento médico es la emisión de un certificado que refleje como conclusión los términos previstos en el vigente reglamento, apto, no apto o apto en determinadas condiciones, debiendo figurar en este último caso especificadas las mismas.

El historial médico del trabajador de categoría A se mantendrá permanentemente actualizado y archivado bajo la responsabilidad de los Servicios de Prevención, hasta que el trabajador alcance los 75 años de edad y, en ningún caso, por un periodo inferior a 30 años después de que cese su

actividad laboral, estando en todo momento a disposición de la autoridad laboral y del propio trabajador.

Deben, por tanto, tenerse en cuenta las condiciones laborales en que se desarrolla el trabajo y tipificar al individuo por su riesgo, adaptando su reconocimiento médico al mismo. La íntima colaboración entre el Servicio de Prevención y el de Protección Radiológica debe conseguir evitar totalmente la producción de efectos deterministas, minimizando, además, los que se han venido considerando en relación con la exposición ocupacional, los estocásticos.

Esperamos con esta breve nota haber despertado el interés de muchos socios por los temas que se incluyen en esta área temática. Todos aquellos socios interesados en participar en el grupo de trabajo deben ponerse en contacto con la secretaria de la SEPR, a través de la dirección electrónica [secretaria.sociedades@medynet.com](mailto:secretaria.sociedades@medynet.com), poniendo como "asunto" del correo: "Tema 8 de las Áreas Temáticas de la SEPR".

*Dr. Rafael Herranz y Dra. Almudena Real  
Coordinadores del Área Temática*

### Área temática "Radiaciones No Ionizantes"

Estimados amigos,

Os remito esta nota en mi calidad de coordinador, junto con Ángeles Trillo Ruiz, del Área Temática 15: "Radiaciones No Ionizantes" (RNI) de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Es deseo de la SEPR potenciar las actividades de esta y otras áreas temáticas. Uno de los objetivos es favorecer y ampliar el intercambio de información entre los miembros interesados. Ello contribuirá a que la Sociedad tenga un peso representativo en el 11 Congreso de la IRPA de 2004 (Madrid, 23-28 de mayo) <http://www.irpa11.com>.

Como sabéis, ese Congreso considera 9 Áreas Temáticas Científicas en sus "Topics for Papers." El Área Científica 8 corresponde a "Protección contra Radiaciones No Ionizantes" y cuenta con los siguientes apartados:

- Campos Eléctricos y Magnéticos Estáticos y ELF

- Radiación Ultravioleta, Visible e Infrarroja
- Láser
- VDU
- Radiación RF
- Teléfonos Móviles y Estaciones Base
- Ultrasonidos, etc.
- Dosimetría e Instrumentación

Entiendo que el Congreso de la IRPA sería un excelente foro para reunirnos y fortalecer el núcleo de la SERP interesado en materia de protección contra RNI. Me dirijo hoy a vosotros con la intención de iniciar nuestros contactos con vistas a constituir ese núcleo. Para ello os ruego que tan pronto os sea posible nos hagáis llegar a Ángeles Trillo o a mí la siguiente información sobre vosotros:

- Confirmación de vuestro interés en participar en el Área Temática 15.
- Un breve resumen de vuestro perfil profesional y experiencia en la materia.
- Vuestro interés o actividad primordial en la materia: Formación profesional, investigación, docencia, etc.
- Nombres de otros miembros de la SEPR potencialmente interesados en la materia.

Quedo a la espera de noticias vuestras con el deseo de que este contacto sea el inicio de una relación grata y fructífera, tanto en lo profesional como en lo personal.

Recibir un saludo afectuoso.

*Dr. Alejandro Úbeda  
Servicio BEM-Investigación.  
Hospital Ramón y Cajal.  
28034 Madrid.  
[alejandro.ubeda@hrc.es](mailto:alejandro.ubeda@hrc.es)*

La fotografía de la portada del nº 36 de *RADIOPROTECCIÓN* (imágenes obtenidas con un PET-CT), fue cedida por el profesor Gustav K. Von Schulthess; Departamento de MN Hospital Universitario de Zurich, Suiza.

# Tratamiento de RBMA mediante tecnología Plasma

J.J. Gómez Perales<sup>1</sup>, J.I. Díaz Prada<sup>1</sup> y F. Álvarez Mir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IBERINCO

<sup>2</sup>IBERDROLA

## RESUMEN

*La vitrificación de residuos radiactivos de baja y media actividad mediante la tecnología del plasma permite la destrucción de la materia orgánica vía pirólisis o gasificación y la incorporación de los compuestos inorgánicos en un baño fundido en el fondo del reactor. El producto final se caracteriza por una significativa reducción de volumen respecto al residuo original, cumpliendo con los límites autorizados de emisión de gases; la reducción del volumen final de residuos a gestionar supone una disminución de tiempo de exposición, lo que implica una mejora en cuanto a la protección radiológica.*

*En las diferentes fases del proyecto se han realizado diversas pruebas que han permitido optimizar el equipamiento y limitar las emisiones, tanto en aspectos químicos como radioquímicos, cumpliendo en todo momento con la legislación actual vigente.*

*Este proceso es un método alternativo para reducir el volumen de los residuos a acondicionar, mejorando con ello su posterior gestión y reduciendo la exposición del operador.*

*Este artículo describe el proyecto de planta con antorcha de plasma, las diferentes fases, los aspectos innovadores, la situación internacional en el desarrollo de proyectos similares y las ventajas de esta tecnología en el tratamiento de los residuos radiactivos.*

## ABSTRACT

*Vitrification of low and intermediate level wastes based on plasma technology allows the destruction of organic components by pyrolysis or gasification and the incorporation of the inorganic components into a melted glass in the bottom of the reactor. The new product are obtained with a significant volume reduction compared with the one of original wastes, assuring emissions below authorized limits; Final volume reduction of wastes involves a radiological exposure reduction and, consequently involves an radiological protection improvement.*

*As a result of the several test developed at the different phases of the project, it has been able the optimization of the equipment and to reduce emissions from a chemical or radiological point of view, always fulfilling the current legislation.*

*This process is an alternative method to reduce the volume of wastes to be disposed, improving the waste management and reducing the operator radioactive exposures.*

*This article describes a plasma torch plant project, it's different stages, innovation features and advantages of this technology to treat radioactive wastes.*

## INTRODUCCIÓN

IBERINCO ha participado en el desarrollo de este Proyecto que nació en mayo de 1995 englobado en la segunda fase del Programa PLASMATEK, liderado por IBERDROLA y con la colaboración de ENRESA, S.A. (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos) y la Fundación INASMET.

Este Proyecto pretende desarrollar una tecnología que permita el tratamiento por plasma de residuos de baja y media actividad (RBMA), consiguiendo factores de reducción de volumen muy apreciables compatibles con la seguridad y un producto final de excelentes propiedades.

IBERINCO ha centrado sus actividades en las áreas de ingeniería básica y de detalle, ha participado en las pruebas de validación realizadas, modificación del equipamiento existente y desarrollo de especificaciones de compra para la adquisición de la Planta de Demostración, teniendo en cuenta los requisitos necesarios para

su implantación y licenciamiento en una central nuclear, así como también los criterios de diseño que faciliten la operación y mantenimiento de la planta para minimizar la exposición de los trabajadores a las radiaciones ionizantes (criterio ALARA)

El Proyecto se ha estructurado en tres (3) fases o etapas diferentes:

- Fase de Estudio del Proceso (Fase I). Realización de experiencias de laboratorio y pruebas puntuales en una Planta simple denominada "semipiloto". Esta fase se cerró en febrero de 1997.

- Fase de Optimización del Proceso (Fase II-A). Utilización de una Planta Piloto funcionando de forma continua con residuos simulados. Esta fase ha concluido en mayo de 2000.

- Fase de Demostración (Fase II-B). Diseño y construcción de una Planta de tamaño reducido para verificar completamente la viabilidad de la tecnología en la reducción de volumen de los residuos radiactivos. Esta fase comenzó en junio de 2000.

### **OBJETIVOS Y FINALIDAD DEL PROYECTO**

El **objetivo** último del Proyecto es adquirir el conocimiento y definición del proceso, la experiencia operativa y la capacidad tecnológica que permita el desarrollo de proyectos de tratamiento de RBMA a escala industrial con el fin de obtener un menor volumen de residuos.

La tendencia internacional trata de generar formas aceptables de residuo final que cumplan todos los requisitos de seguridad, reduciendo el volumen mediante la minimización de los aditivos no residuales utilizados. El trata-

miento térmico de residuos basado en tecnología de plasma permite, en una sola etapa, la destrucción de productos orgánicos mediante procesos pirolíticos o de gasificación, y la introducción del material inorgánico en una escoria vítrea. Este proceso pretende ser una alternativa para reducir el volumen de los residuos facilitando una solución a los problemas de almacenamiento presentes o futuros, que se manifiestan en los países industrializados.

### **TECNOLOGÍA DEL PLASMA**

El plasma se define como un gas ionizado conteniendo partículas cargadas y neutras con una carga eléctrica global de aproximadamente cero. Las moléculas de gas que atraviesan el plasma se excitan a formas de energía superior que, posteriormente, al volver a su estado original provocan un desprendimiento de calor. De esta forma se transforma energía eléctrica en energía térmica, obteniéndose elevadas temperaturas, por encima de los 10.000 °C en el eje central del plasma.

La utilización del plasma en procesos industriales no es nueva, sin embargo su uso para el tratamiento de residuos es reciente y cada vez más importante. La utilización del plasma permite reducir la producción de residuos durante el proceso a niveles mínimos, pudiendo tratar residuos que por su "toxicidad" y/o complejidad de eliminación son difíciles de abordar con técnicas más convencionales.

Frente a los procesos convencionales de incineración, la tecnología del plasma presenta una alternativa a esos sistemas convencionales consiguiéndose porcentajes de destrucción superiores con una generación míni-

ma de gases y residuos secundarios a tratar y acondicionar. Actualmente los excelentes resultados obtenidos en cuanto a calidad y seguridad en la destrucción del residuo hacen de esta técnica una de las más destacadas entre las nuevas tecnologías de gestión y tratamiento.

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

Dado el carácter de I+DT del Proyecto y al tratarse de una tecnología novedosa sin desarrollo industrial consolidado, se acometió el Proyecto iniciando una investigación básica de la tecnología que permitiera comprobar la bondad de la misma para el tratamiento y reducción de volumen de RBMA. Antes de abordar el tratamiento de residuos radiactivos reales, se ha considerado completamente necesario realizar diversas experiencias con residuos simulados que permitan definir completamente el proceso y el equipamiento más adecuado.

A continuación se realiza un resumen de las fases desarrolladas e hitos alcanzados hasta la fecha.

#### **A. Fase-I. Estudio del proceso. Demostración de su viabilidad a nivel de laboratorio y Planta Semipiloto.**

Se dio por concluida en febrero de 1997 y permitió comprobar la viabilidad del tratamiento de los RBMA con la tecnología del plasma, mediante gasificación de la fracción orgánica y retención de la fracción metálica en una mezcla bifásica vidrio-metal. En esta primera etapa se realizaron evaluaciones preliminares de las posibilidades de tratamiento con esta tecnología; además, se realizaron los





primeros cálculos teóricos de reducción de volumen en función de la actividad contenida en el residuo y de los condicionantes de almacenamiento en "El Cabril".

**B. Fase-II-A. Optimización del proceso. Funcionamiento en continuo a nivel de Planta Piloto.**

Concluida en mayo de 2000, permitió realizar diversos ensayos con resinas simuladas y ajustar el funcionamiento de los diversos componentes de la Planta Piloto llegando a realizar pruebas en continuo de larga duración. Se ha conseguido optimizar el proceso reciclado al reactor de plasma el material retenido en los filtros de mangas y, por ello, se consigue una mayor reducción de volumen.

**B-1) Descripción de la Planta Piloto y del proceso en continuo**

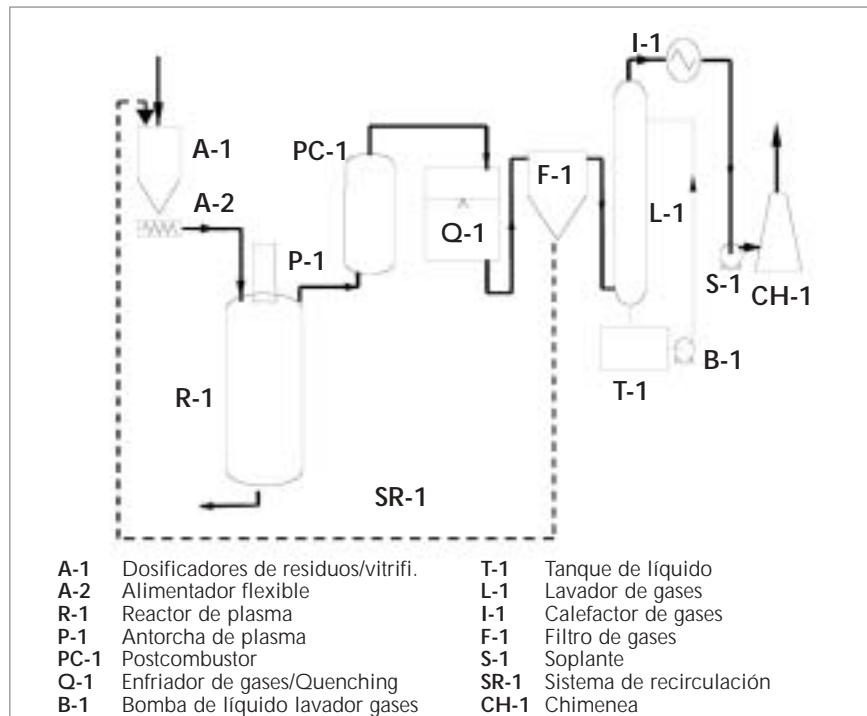
Se encuentra operativa una instalación a nivel de Planta Piloto para el tratamiento de residuos simulados en continuo. Esta Planta ha servido de banco de ensayos para el estudio y tratamiento de diferentes corrientes tales como: residuos prensables, óxidos metálicos, polvos metálicos procedentes del off-gas y residuos cementados, así como todos aquellos parámetros y variables que permiten definir y optimizar el proceso.

La Planta Piloto de plasma consta de un reactor de plasma con sus elementos periféricos correspondientes (fuente de alimentación, dosificadores, elementos de control, sistema de refrigeración) y un sistema de tratamiento de gases, que incluye postcombustor, sistema de enfriamiento, sistema de filtración de partículas, lavador y extractor de gases.

Se puede asegurar que el proceso funciona correctamente. Se encuentran definidos los parámetros de operación de cada uno de los equipos, se han conseguido largos periodos de estabilidad en el reactor de plasma y se ha adquirido un profundo conocimiento de todos los aspectos implicados. Todo ello permite un tratamiento óptimo del residuo y un máximo rendimiento del proceso.

Los análisis realizados tras las etapas de tratamiento de gases han ofrecido buenos resultados, cumpliendo con las limitaciones impuestas por la legislación ambiental vigente; se consiguieron los siguientes resultados:

Parámetro (mg/m³)	Valor obtenido	Valor límite Legislación
CO	45	50
ClH	6	10
SO	5	50
Partículas	8	10
T.O.C.	8	10



**B-II) Reducción de volumen de los residuos tratados**

Para resinas y prensables, los factores de reducción en el número de bidones son del orden de 10; esto supone que para un producción media anual de 500 bidones se obtendrían ahorros en torno a 450 bultos al año.

En el caso de residuos cementados, los factores de reducción son del orden de 3-5 veces. Estos factores hacen factible el tratamiento de bidones ya producidos, reduciendo de esta manera el porcentaje de ocupación del almacén de la central y dando salida a bultos cuyos procesos de aceptación presentan dificultades.

Los ensayos de retención de metales aportaron los resultados siguientes:



Vista de la Planta Piloto de plasma definitiva

- Ensayos con óxidos puros:
  - Valores de retención medios del 95% para Co, Sr, Cr, Ni, Fe, Cu, Mn
  - Valores < 50% para Zn, Cs
- Ensayos con resinas cargadas:
  - Valores de retención medios del 90% para Co, Sr, Cr
  - Valores de retención medios del 75% para Ni, Fe, Cu, Mn
  - Valores < 50% para Zn, Cs

### **FASE DE PLANTA DEMOSTRACIÓN**

En esta fase se pretende diseñar, montar, poner en marcha y operar una Planta de Demostración, con todos los automatismos y sistemas que permitan la operación segura con residuos reales; como apoyo al desarrollo de la Planta de Demostración se seguirán realizando estudios y prue-

bas en la Planta Piloto que servirá de banco de ensayos.

La Fase II-B (Planta Demostración) se llevará a cabo en dos grandes etapas:

- Operación con residuos simulados. Fase II-B<sub>1</sub>. En esta etapa se asegurará el correcto funcionamiento de todos los sistemas y componentes, permitirá adquirir el conocimiento operativo de la Planta y servirá de formación para los operadores de la Planta en caliente. Esta fase, además, facilitará el proceso de licenciamiento de la instalación en caliente, ya que servirá para verificar todos los condicionantes impuestos por los organismos pertinentes.

- Operación con residuos reales. Fase II-B<sub>2</sub>. Se procederá al montaje, puesta en marcha y operación con residuos reales en un emplazamiento autorizado. Esta etapa permitirá com-

probar el funcionamiento en condiciones reales de la Planta, completando el proceso de caracterización del bulto obtenido con residuo real.

### **A. Memoria Técnica de Actividades**

La Planta se diseñará conforme a las especificaciones de diseño y condiciones constructivas establecidas para las instalaciones que operan dentro del emplazamiento de referencia. El diseño de la Planta respetará e interferirá lo menos posible en la normal operación del emplazamiento, conectando sus necesidades de servicios comunes a las existentes. Todos los sistemas y componentes tendrán carácter industrial y se requerirán diseños e ingeniería especializada para aquellos que necesitan un desarrollo específico. Se considerarán las redundancias necesarias, tanto en equipos como en sistemas de control, con el fin de hacer frente a un posible fallo de la Planta y evitar el escape de gases con productos radiactivos, así como el fallo de alguno de sus componentes. La Planta se diseñará para minimizar la exposición de los trabajadores a las radiaciones ionizantes (criterio ALARA).

### **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

#### **A. Proceso**

El plasma ofrece las siguientes ventajas:

- La generación de calor es independiente de las reacciones químicas producidas.



- El caudal de gas necesario para realizar el aporte de calor puede llegar a ser muy bajo comparado con otros sistemas, minimizando las pérdidas de calor y facilitando su depuración; factores que abren posibilidades importantes de control de los productos finales gaseosos con una favorable adecuación al medio ambiente.

- La densidad de energía que se alcanza es muy elevada, consiguiéndose importantes producciones en plantas de reducido tamaño.

- Las altas temperaturas alcanzadas permiten que los tiempos medios de estancia puedan ser inferiores a los sistemas convencionales.

- Los productos inorgánicos experimentan una reducción de volumen



además de una inertización y, por tanto, una mejor posibilidad de reutilización o deposición en vertedero.

- La versatilidad y facilidad de manipulación de los residuos se ve muy favorecida al no tener que mezclarlos con un producto combustible.

### **B. 3.2.- Producto**

La vitrificación de residuos, entendida como la conversión de los residuos en materiales de carácter vítreo o vitrocerámico, está aumentando su importancia y aplicaciones. Es un tratamiento conceptualmente atractivo debido a la potencial durabilidad del vidrio final y a la gran flexibilidad del proceso para tratar residuos de muy diversa composición y procedencia.

El acondicionamiento de RBMA por vitrificación ofrece las siguientes ventajas:

- Una significativa reducción del volumen final de residuo.

- Unas buenas propiedades del residuo para su almacenamiento; se han mejorado las condiciones de estabilidad y resistencia a la corrosión y lixiviación frente al tradicional residuo hormigonado.

### **SITUACIÓN INTERNACIONAL**

El tratamiento de RBMA mediante plasma es una de las tecnologías que están siendo estudiadas dentro de la estrategia internacional de reducción

de volumen de RBMA, considerándose como una tecnología prometedora a medio plazo. Se están desarrollando programas I+DT similares al nuestro en Francia y en EE.UU. En el ámbito comercial se ofertan equipos del reactor y periféricos cuyo elevado coste no justifica su adquisición, ya que no existe una experiencia industrial consolidada que permita afrontar la inversión en estos equipos con suficiente garantía.

En general y a escala internacional se destacan los siguientes puntos fuertes del tratamiento de los residuos por plasma térmico:

- Efectividad para una amplia variedad de residuos (radiactivos, industriales, médicos, hospitalarios, municipales, tóxicos y peligrosos, etc.) tanto en forma de sólidos, líquidos o lodos.

- Reducciones de volumen entre el 10-95% del volumen original dependiendo del porcentaje de orgánicos originalmente presente.

- Producción de una escoria muy estable con propiedades mucho mejores que las matrices actualmente empleadas de hormigón.

- Al no tratarse de un proceso de combustión, el volumen de gases es mucho menor, reduciendo, de este modo, el coste de los sistemas de limpieza off-gas.

- Altas densidades de energía, lo que supone plantas de reducido tamaño y posibilidad de uso de unidades móviles próximas a los puntos de generación.

- Buena aceptación pública frente a la incineración convencional.

# Aspectos de protección radiológica del desmantelamiento de CN Vandellós I

T. Ortiz y M. Ondaro  
ENRESA

## RESUMEN

*La central nuclear de Vandellós I, situada en la provincia de Tarragona, era una central de uranio natural con grafito gas y refrigerada por CO<sub>2</sub> que fue parada en 1989 tras 17 años de operación. Posteriormente, la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) fue encargada de llevar a cabo el Plan de Desmantelamiento y Clausura. El plan presentado por ENRESA consistía en el desmontaje y demolición de los sistemas y edificios de la instalación excepto el cajón de hormigón que contiene el reactor que permanecerá aislado.*

*Desde el punto de vista de protección radiológica, el desmantelamiento de cualquier tipo de instalación tiene una serie de peculiaridades como por ejemplo las continuas variaciones del tipo y nivel de los riesgos, tanto radiológicos como convencionales, o las actuaciones en equipos y sistemas sobre los que nunca antes se ha intervenido. Además, algunos de los sistemas de protección, disponibles durante la operación van siendo puestos fuera de servicio y algunos de los trabajadores que intervienen están poco habituados a los trabajos de desmantelamiento. Finalmente, el volumen de materiales residuales, tanto convencionales como radiactivos, a ser gestionados se ve incrementado notablemente.*

*En este trabajo se describen las particularidades de los trabajos de desmantelamiento, desde el punto de vista de la protección radiológica, y la forma con que se ha llevado a cabo la misma durante los trabajos de desmantelamiento y clausura de la central nuclear de Vandellós I.*

## INTRODUCCIÓN

La central nuclear de Vandellós I, propiedad de la compañía Hispano Francesa de Energía Nuclear S.A. (HIFRENSA), se puso en marcha en 1972 y su parada definitiva tuvo lugar en octubre de 1989, tras 17 años de servi-

cio. Situada en la provincia de Tarragona, era de diseño francés y ha sido la única central española que utilizaba uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO<sub>2</sub> como refrigerante. En julio de 1990 el entonces Ministerio de Industria y Energía sus-

pendió definitivamente el permiso de explotación de la central y encargó a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) la ejecución del desmantelamiento de la misma. El plan diseñado por ENRESA constaba de dos fases, separadas por el llamado

## ABSTRACT

*The Spanish Nuclear Power Plant Vandellós I was a gas-cooled natural uranium reactor located in Tarragona, which was stopped on 1989 after 17 years of operation. Furthermore, the Spanish National Radioactive Waste Management Company (ENRESA) was in charge of its dismantling. The plan proposed by ENRESA consisted of disassembling and demolishing the plant buildings and systems, with the exception of the concrete reactor shroud, which remained confined.*

*From the radiological point of view the dismantling of any installation has several important characteristics as for example, the continuous variations of the kind and level of the radiological and conventional risks or the interventions on equipments and systems on which the workers have never worked before. In addition, some of the protection systems, available during the operation are put out of service, and some of the workers are not accustomed to work on dismantling tasks. Finally the volume of residual materials to be managed, both conventional and radioactive is notably greater.*

*In this paper, the characteristics of the dismantling tasks from the radiological point of view are described together, with the radiological programme implemented during the dismantling of Vandellós I.*



“periodo de latencia” de una duración estimada de 30 años. La primera fase consistía en desmontar y demoler los edificios y sistemas de la central, excepto el cajón de hormigón que contiene el reactor y que permanecerá confinado, junto con algunas infraestructuras y sistemas necesarios para su vigilancia. Esta actuación equivale al Nivel 2 de Clausura definido por el Organismo de Energía Atómica y supone liberar el 80% del emplazamiento.

Desde el punto de vista de la protección radiológica, el desmantelamiento de cualquier tipo de instalación tiene una serie de peculiaridades que van desde la naturaleza cambiante de los riesgos radiológicos y convencionales hasta la ejecución de trabajos sobre equipos y sistemas sobre los que nunca antes se ha intervenido. A esto hay que añadirle la progresiva puesta fuera de servicio de la mayoría de los sistemas de protección disponibles durante la operación de la instalación y la participación de especialistas más habituados a los trabajos de recarga que de desmantelamiento, por un lado, y de otros poco habituados a los trabajos con radiaciones, por otro. Finalmente el volumen de materiales residuales a gestionar, tanto los clasificados como residuos radiactivos como convencionales, se ve notablemente incrementado. En este trabajo se describen las particularidades de los trabajos de desmantelamiento, desde el punto de vista de la protección radiológica (PR), y la forma con que se ha llevado a cabo la misma durante los trabajos de la primera fase de desmantelamiento y clausura de la central nuclear de Vandellós I, prácticamente finalizados.

## **ACTIVIDADES PREVIAS AL DESMANTELAMIENTO**

La ejecución de un desmantelamiento de una central nuclear lleva asociada una gran cantidad de actividades previas que van desde la preparación de la documentación de licencia a la ejecución de trabajos preparatorios en el emplazamiento, incluyendo la instalación de nuevos sistemas. Durante esta fase previa es necesario definir los medios humanos y de equipos que van a ser necesarios para la ejecución del desmantelamiento.

### **Preparación de la documentación para el desmantelamiento**

Cuando se inició el plan de desmantelamiento de C N Vandellós I en la reglamentación no estaba definida con detalle la documentación de licencia necesaria para llevar a cabo un desmantelamiento por lo que fue necesario definirla. El primer documento que se preparó fue el Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) que había sido requerido en la Resolución Ministerial que encargaba a ENRESA la ejecución del desmantelamiento. Este documento debía ser aprobado por el ministerio con el informe favorable del CSN. Adicionalmente fue necesario desarrollar otra documentación que regulara la ejecución del desmantelamiento y que se basó en la documentación habitualmente requerida a las centrales nucleares en operación. Las diferencias existentes entre ambas situaciones es tal que dicha adaptación no ha sido tarea fácil. Asimismo se han desarrollado documentos nuevos como el Plan de Gestión de Materiales, de gran importancia dadas las cantidades de materiales residuales

que se generan. Con la aparición de la nueva revisión del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (Real Decreto 1836/99 de 3 de diciembre) la documentación asociada al desmantelamiento ha quedado definida en su artículo 30. Otro aspecto que ha sido necesario adaptar a la situación del desmantelamiento ha sido el relativo a las licencias del personal de operación y al diploma del jefe del Servicio de PR.

Desde el punto de vista de PR la normativa aplicable es la misma que en la etapa operativa de la instalación, aunque debe adaptarse a la nueva situación. En este sentido ha sido necesario revisar toda la documentación básica de PR, es decir, el Manual de Protección Radiológica, el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior y el Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental y los procedimientos específicos, así como desarrollar nuevos procedimientos. En total se han realizado o revisado unos 80 procedimientos.

### **Actualización del Programa de Protección Radiológica**

Adicionalmente al desarrollo documental, antes de iniciarse el desmantelamiento, es necesario analizar los medios humanos y técnicos y los métodos existentes en la instalación para asegurar que se pueden cubrir todas las necesidades adicionales que pueden surgir durante la ejecución del desmantelamiento y que habrán sido definidas en el PDC. Para realizar esta tarea de actualización se contó con la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) de ENRESA, encargada de apoyar a los proyectos de ENRESA en la definición de los métodos de PR y en la implantación de los Servicios de

CURSO	HORAS	DIRIGIDO	CONTENIDO
Básico PR	2 h	Trabajadores expuestos	Conocimientos básicos de PR
<b>FORMACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO</b>			
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA			
Nivel I	40 h	Supervisores y técnicos de PR con experiencia	Actualización de conocimientos sobre PR Uso de nuevos equipos Técnicas ALARA
Nivel II	20 h	Técnicos de PR con menos experiencia	
Nivel III	10 h	Auxiliares de PR	
LABORATORIO			
Nivel I	10 h	Operadores de laboratorio	Actualización de conocimientos sobre detección Uso de nuevos equipos
Nivel II	8 h	Auxiliares de laboratorio	
<b>MENTALIZACIÓN DEL PERSONAL</b>			
PR y operación	8 h	Personal con licencia	Aspectos de PR de la instalación y trabajos a realizar
ALARA			
Nivel Gerencial	4 h	Responsables del emplazamiento y de trabajos	Programa ALARA
Nivel Ejecución	4 h	Jefes directos y ejecutores de los trabajos	Programa ALARA y técnicas de reducción de dosis

Tabla I. Formación inicial en PR para el PDC.

PR que se requieran, y se mantuvieron los intercambios de información precisos con el personal del Servicio de PR de la instalación y con los responsables del desarrollo del plan de desmantelamiento a realizar.

El primer paso fue la reestructuración del Servicio de PR y la definición de los medios humanos adicionales necesarios. Para ello se partió de la organización ya existente del titular y se preparó un amplio programa de formación para todo el personal de la instalación que iba a participar en el desmantelamiento, con especial énfasis en el personal que iba a formar parte del Servicio de PR. En la tabla I se resume este programa.

Otro aspecto importante fue la ampliación y modernización de los equipos de medida de PR y de laboratorio, de modo que se contara con el suficiente equipamiento en la instalación para realizar la medida de todas las muestras necesarias para los trabajos, además de las rutinarias. Las actuaciones más importantes en esta área fueron:

- Dotación de un equipamiento adicional al laboratorio de medidas ambientales, compuesto de un sistema de espectrometría gamma, un contador proporcional multiplancheta y un contador de centelleo líquido, además de los correspondientes complementos informáticos.

- Actualización del sistema de vigilancia de la radiación y de los efluentes de manera que no se vieran afectados por los trabajos de desmantelamiento y pudieran cubrir su función hasta el final del mismo.

- Actualización de los medios de control radiológico del personal con nuevos dosímetros de lectura directa, pórticos de control de la contaminación alfa y beta y equipamiento portátil.

- Implantación de un nuevo control de acceso a zona radiológica que permitiera el avance del desmantelamiento y de una nueva lavandería modular.

- Implantación de un sistema de control radiológico a la salida del emplazamiento mediante un equipo automático tipo pórtico para la medida de

vehículos cargados con materiales residuales.

Asimismo se llevaron a cabo otras modificaciones en diversas instalaciones que tenían implicaciones relevantes para el Servicio de PR, como eran la readaptación y ampliación del taller de descontaminación de materiales, la unificación de zonas radiológicas o la construcción de un taller "caliente" para el corte de materiales activos.

### **Actualización del estado radiológico**

Desde el punto de vista radiológico, el desmantelamiento de una instalación no puede considerarse aisladamente sin tener en cuenta la evolución, desde las etapas anteriores, de las características radiológicas de la misma y del propio emplazamiento. Este aspecto ha tenido una especial relevancia en el desmantelamiento de CN Vandellós I al tratarse de una central de uranio natural-grafito, con la estructura integrada del reactor y con los



Datos utilizados en el cálculo	Isótopo	Isótopo de Referencia	Valor Promedio	Aplicación
Frotis contaminación	Fe-55	Co-60	2,77	Vigilancia Contaminación Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación	Ni-63	Co-60	2,68	Vigilancia Contaminación Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación	C-14	Co-60	0,6	Vigilancia Contaminación Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación (excepto PISCINAS y Celda MEC)	Sr-90	Co-60	0,41	Medible beta
Frotis celda MEC y PISCINAS	Sr-90	Co-60	473	Medible beta
Frotis contaminación	Sr-90	Cs-137	2,67	Medible beta
Frotis contaminación	Pu-241	Am-241	29,1	Vigilancia Contaminación Superficial
Ambientales	Pu-241	Am-241	<10.5 (-9,9)	Vigilancia Contaminación Ambiental Efluentes Gaseosos
Ambientales	Sr-90	Cs-137	0,62	Medible beta Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación + Ambientales + líquidos	Alfa	Am-241	1,9	Análisis Laboratorio
Líquidos	Pu-241	Am-241	39	Efluentes Líquidos
Líquidos	Fe-55	Co-60	43	Efluentes Líquidos
Líquidos	Ni-63	Co-60	1,3	Efluentes Líquidos
Líquidos	C-14	Co-60	16	Efluentes Líquidos
Líquidos	Sr-90	Cs-137	0,8	Medible (Análisis)
Grafito	C-14	Co-60	0,8	Medible (Eficiencia baja) Efluentes Gaseosos

Tabla II. Término fuente PR-operacional valores promedio relativos.

cambiadores de calor en el recinto de contención de hormigón. Asimismo las características de recarga continua y el desestuchado de los elementos combustibles, que se realizaba en la propia instalación, dotaban a la central de unas peculiaridades radiológicas, como se describe a continuación:

- Almacenamiento temporal del combustible irradiado en piscinas (para enfriamiento previo a su reexpedición), estuchándose el combustible afectado en la "celda de actividad" asociada y tratándose el agua, para su descontaminación en consecuencia, en la planta de tratamiento de efluentes, por resinas de intercambio iónico selectivas para cesio (Cs-137, Cs-134).

- Necesidad de consideración de los productos de fisión y de los actínidos emisores alfa en los sistemas asocia-

dos a las piscinas y tratamiento de efluentes, a partir de la ocurrencia de roturas de vaina, debido a la polución de las mismas por las reacciones exotérmicas del uranio metálico con el agua.

- Escasa significación de la actividad de halógenos en los fluidos y efluentes asociados al reactor, manteniéndose también en ellos muy baja la aportación de productos de fisión y transuránidos, debido a la acción combinada del sistema de detección de rotura de vainas con el de descarga inmediata, en su caso, del combustible afectado, con el reactor en funcionamiento.

- Significación particular, por el tipo específico de central, del C-14 y del H-3, producido este último mayormente por activación de las impurezas de litio del grafito en el núcleo del reactor.

- Producción de residuos característicos como son: las camisas de grafito y el polvo de grafito recogido en los sistemas de filtración de la instalación; absorbentes de humedad del sistema de depuración del gas primario, y piezas irradiadas asociadas al sistema de manutención del combustible.

Para una adecuada realización de los trabajos debían tenerse en cuenta todos estos aspectos además de obtener una información actualizada del estado radiológico de la instalación. Esta actualización se llevó a cabo en diferentes campañas del Estudio Radiométrico en las que se realizaron diversas medidas radiológicas en los edificios, paramentos, equipos y componentes y también en el exterior de los edificios. Las medidas realizadas fueron niveles de radiación gamma y de contaminación

alfa y beta en superficies y en el aire. Asimismo se tomaron diferentes muestras para su análisis en el laboratorio realizándose determinaciones por espectrometría gamma y alfa y determinación por radioquímica de los isótopos beta y otros de difícil medida. De esta forma fue posible definir el estado radiológico de la instalación en el momento de la transferencia y establecer el término fuente radiológica existente al inicio del desmantelamiento. Este término fuente se dividía en diferentes espectros isotópicos en función de su aplicación (PR operacional, desclasificación de materiales o caracterización de residuos radiactivos) y de su origen (fluidos gaseosos, fluidos líquidos del combustible irradiado o fluidos de los efluentes líquidos). En la tabla II se recoge el espectro correspondiente a la PR operacional, junto con el origen de los datos utilizados para establecerlo y su aplicación práctica. Una información más detallada sobre este aspecto se incluye en la referencia [1].

**ACTIVIDADES DEL DESMANTELAMIENTO**

La fase de actividades previas finalizó con las pruebas de todos los sistemas implantados o modificados durante dicha fase. Estas pruebas fueron supervisadas por el CSN que autorizó el 17 de marzo de 1999 el comienzo del desmantelamiento en zonas radiológicas, de acuerdo con el Plan de Desmantelamiento de Partes Activas (PDPA) presentado por ENRESA como parte del PDC. Las actividades a realizar en esta fase incluían las siguientes:

- Desmontaje de sistemas y equipos con contenido radiológico o ubicados en zonas radiológicas.

- Descontaminación *in situ* de elementos singulares.
- Aislamiento del cajón que contiene el reactor.
- Descontaminación de paramentos.
- Gestión de materiales.
- Desmantelamiento de partes convencionales.

**Organización de protección radiológica durante el desmantelamiento**

Al igual que cuando se lleva a cabo la recarga de una central nuclear o grandes modificaciones en la misma, en un desmantelamiento es necesario reforzar la organización de PR existente en la explotación normal. Durante el desmantelamiento las actividades de PR se ven incrementadas, tanto en el ámbito de planificación y control como de ejecución. En el caso concreto del desmantelamiento de CN Vandellós I, dado el tipo de central y el tiempo transcurrido desde su parada, ha sido necesaria una reorganización adaptada del Servicio de PR existente. Uno

de los aspectos más importantes ha sido la asignación de personal de apoyo a todos los niveles. La organización establecida se recoge en la figura I. La Jefatura del Servicio ha estado formada por el jefe del Servicio y su adjunto, ambos con el correspondiente diploma del CSN. Las áreas principales han sido dirigidas por titulados superiores con amplia experiencia. El apoyo global externo a nivel de expertos de PR ha sido de 9 técnicos, a los que hay que añadir los técnicos de PR de Hifrensa asignados al Servicio de PR, los técnicos de PR de apoyo al área de desclasificación de materiales y los asignados a la lavandería. Adicionalmente se ha contado con el apoyo de un titulado superior asignado al área de formación. En total el número de técnicos asignados al Servicio de PR ha sido de 43.

Dentro de esta organización se ha prestado una especial atención a dos aspectos básicos: la coordinación con las empresas de ejecución y la implantación del programa ALARA.

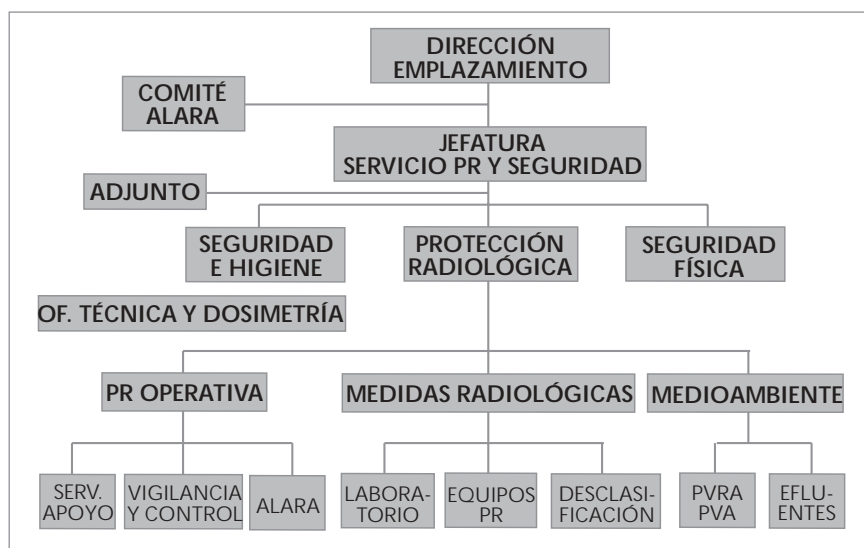


Figura 1. Organigrama del servicio de PR.





Todo el personal del desmantelamiento juega un papel fundamental en la implantación efectiva del programa de PR y del principio ALARA. Por tanto debe ser consciente del riesgo radiológico y de los medios para minimizarlo. Asimismo las empresas deben adquirir el compromiso de promover la cultura ALARA, de proponer e implantar las técnicas y métodos ALARA necesarios y de asegurar la formación y el entrenamiento de su personal.

La única manera de lograr estos objetivos es basar la organización en una estructura multidisciplinar. En este sentido en el desmantelamiento de CN Vandellós I se ha asignado al área de ejecución la responsabilidad de coordinar a los demás miembros del equipo (operación y mantenimiento, garantía de calidad y documentación y protección radiológica y seguridad) con el objeto de obtener un producto de la máxima calidad y seguridad en el tiempo establecido. Aunque obviamente esto no ha sido tarea fácil, con el esfuerzo de todos se ha logrado el objetivo previsto.

### **Programa ALARA**

Como ya se ha indicado, un aspecto muy importante durante el desmantelamiento ha sido la aplicación del principio ALARA. Para ello se estableció un Programa ALARA basado en el "Manual para la aplicación del principio ALARA en los proyectos y actividades de ENRESA" establecido corporativamente e impulsado de forma específica por la Dirección de ENRESA. El objeto de este programa era que todas las actividades de desmantelamiento asociadas a fuentes de radiación se llevaran a cabo de manera que las exposiciones a los trabajadores y al público en

OBJETIVOS	AÑO		
	2000	2001	2002
DOSIS COLECTIVA (mSv.p)	70	136,1	76,3
DOSIS INDIVIDUAL (mSv)	10	10	10
CONTAMINACIÓN INTERNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
<b>ACTIVIDADES</b>			
REUNIONES COMITÉ ALARA	4	5	4
REUNIONES GRUPOS ALARA	22	32	16
NÚMERO DE ESTUDIOS ALARA	8	12	3
NÚMERO DE PTR'S	152	181	124

Tabla III. Actividades ALARA.

general fueran lo más bajas razonablemente posibles. Para llevar a cabo este programa se estableció una estructura organizativa compuesta por el comité ALARA y por los grupos ALARA interdisciplinarios.

El Comité ALARA estaba compuesto por la Dirección del emplazamiento y por los diferentes responsables de la organización. Sus tareas principales eran el establecimiento y el seguimiento de los objetivos ALARA, junto con la revisión y el análisis de los trabajos y métodos ALARA y la coordinación de los diversos grupos implicados.

Los grupos ALARA interdisciplinarios se constituían específicamente para los trabajos de mayor significación radiológica y estaban formados por el Coordinador ALARA, perteneciente al Servicio de PR y los responsables de la ejecución de los trabajos. Sus tareas básicas eran concretar todos los aspectos ALARA de un trabajo específico, realizando el seguimiento del trabajo y revisando los resultados obtenidos, con objeto de implantar medidas correctoras al mismo trabajo o establecer nuevas medidas para trabajos futuros.

En principio se estableció que todo trabajo que tuviera asociada una dosis colectiva estimada superior a 20 mSv.p sería sometido a un estudio ALARA específico. Ahora bien, dadas las

peculiaridades del desmantelamiento y los relativamente bajos niveles de tasa de dosis existentes se establecieron otros indicadores para definir la necesidad de estudio ALARA como, por ejemplo, el nivel de contaminación superficial previsto o el de contaminación ambiental. Asimismo el jefe de PR podía decidir la aplicación del programa ALARA a otros trabajos que pudieran presentar otros riesgos. Uno de los riesgos que ha sido necesario evitar y controlar durante el desmantelamiento ha sido la posible existencia de contaminación alfa ambiental.

En la tabla III se resume el alcance de las actividades ALARA realizadas.

### **Control radiológico del personal**

El aspecto más relevante del control radiológico del personal ha sido la necesidad de implantar un programa de bioanálisis para los trabajadores implicados en trabajos con contaminación alfa ambiental. Como es bien sabido, este tipo de contaminantes no puede ser detectado mediante el CRC a los niveles requeridos y es necesario recurrir al análisis de muestras biológicas. Esto tiene una serie de dificultades técnicas y operativas asociadas a la toma de muestras, a su envío al laboratorio

	AÑO			
	1999	2000	2001	2002
INICIALES	35	62	40	19
PERIÓDICOS	72	102	155	7
FINALES	7	31	101	14
ESPECIALES	4	3	22	8
NUMERO DE TRABAJADORES	48	89	94	22

Tabla IV. Controles por Bioanálisis.

y al propio análisis, a lo que se une la existencia de un único Servicio de Dosimetría Interna capacitado para hacer estos análisis (CIEMAT). Por otra parte, los propios trabajadores no están habituados a pasar este tipo de controles y no ha sido sencillo lograr que la toma de muestras fuera lo más correcta posible. Adicionalmente debe indicarse que la presencia a nivel de trazas en estas muestras de este tipo de emisores puede llevar a la asignación de dosis relativamente significativas, dado el conservadurismo aplicado en este tipo de estimaciones.

El programa establecido de acuerdo con el Servicio de Dosimetría ha consistido en un bioanálisis al comenzar y al finalizar el trabajo con riesgo de contaminación alfa y un control rutinario trimestral durante los mismos. A estos controles hay que añadir controles especiales por sospecha de contaminación interna, por problemas en las muestras o para el seguimiento de una posible incorporación. Las medidas realizadas sobre muestras de orina de 24 horas han sido la determinación del Am-241, del Pu-238 y del Pu-239+240.

Los trabajos más importantes en los que se ha implantado este control han sido: desmantelamiento de equipos almacenados en las piscinas y descontaminación de los vasos de las mismas; descontaminación y desmantelamiento

de la celda de manipulación y gestión del combustible irradiado; descontaminación de los silos donde se almacena el grafito; descontaminación y trasvase de lodos del sistema de tratamiento de efluentes líquidos. En la tabla 4 se recogen los controles realizados desde el año 1999 aunque debe indicarse que estos controles comenzaron antes, cuando Hifrensa abordó los trabajos de vaciado de las piscinas de almacenamiento de combustible irradiado dentro de las actividades de acondicionamiento de los residuos de operación (Referencia [2]).

Debe destacarse que la aplicación de rigurosas medidas de control de la dispersión de la contaminación, junto con un exhaustivo control de la contaminación ambiental en estos trabajos, han logrado que las dosis debidas a la incorporación de emisores alfa hayan sido insignificantes. Entre las medidas para evitar la contaminación durante los trabajos y la dispersión de la misma, deben destacarse el uso de trajes con suministro de aire, la utilización de duchas a la salida de la zona contaminada (figura 2) y la ayuda en el proceso de desvestido (figura 3), así como la separación física de la entrada y la salida siempre que ha sido posible.

Respecto de las dosis debidas a la irradiación externa, los valores de la dosis colectiva a lo largo de los años



Figura 2. Salida de personal, ducha previa.

se incluyen en la figura 4. En ella se observa que los valores son muy bajos y en general han sido inferiores a lo previsto en el proyecto. En este sentido debe indicarse que se ha constatado que es necesario mejorar el proceso de estimación de las dosis asociados a los trabajos, en especial la asignación de la duración de los



Figura 3. Salida de personal, asistencia al desvestido.

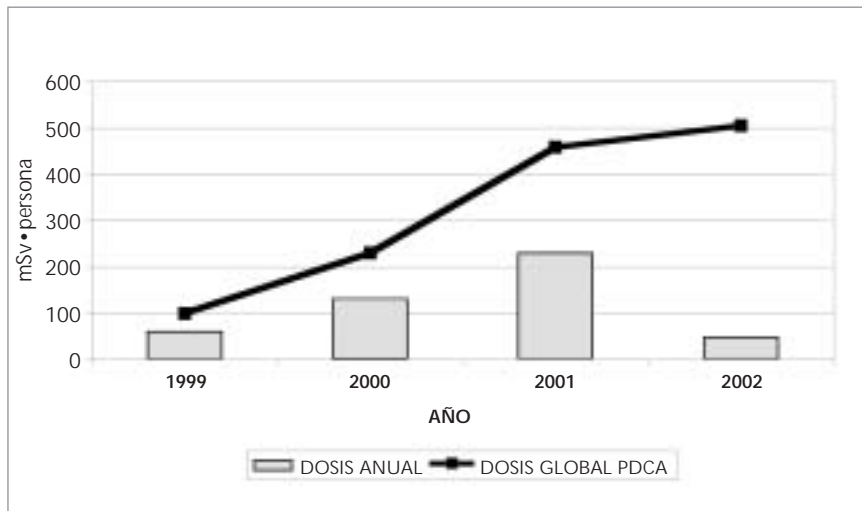


Figura 4. Dosis externas desmantelamiento CN Vandellós I.

mismos, ya que una subvaloración en el tiempo de ejecución puede llevar a una superación importante de las estimaciones y a una pérdida de información sobre si las medidas ALARA han sido adecuadas.

### Control radiológico de los trabajos

Aunque la realización del control radiológico de los trabajos en un desmantelamiento no difiere en el fondo del que se lleva a cabo en cualquier otra etapa operativa, a la hora de implantarlo se deben de tener en cuenta las siguientes peculiaridades:

- La realización simultánea, continuada y evolutiva de los trabajos de desmantelamiento en las diversas zonas radiológicas de la instalación, que conduce a una reconfiguración radiológica, zonal y de accesos casi continua, así como de los sistemas de vigilancia de la radiación asociados.

- La reducción en el número de sistemas implantados de PR a medida que se van realizando los desmontajes.

- La evolución progresiva y cambiante de los niveles de irradiación bajos en general, siendo más significativos en los trabajos de descarga de circuitos, extracción de filtros y acondicionamiento de residuos.

- La evolución a la baja de los niveles de contaminación, pero que deben tenerse en cuenta permanentemente durante todos los trabajos, particularmente, como ya se ha indicado, los niveles de contaminación superficial y ambiental alfa.

- La producción de efluentes, gaseosos debidos a los sistemas reconfigurados de ventilación y en general portátiles, y líquidos debidos a los trabajos de limpieza y descontaminación de los sistemas, materiales, indumentaria y equipos.

- La producción de residuos, fundamentalmente tecnológicos varios, además de los materiales propios del desmantelamiento.

La manera de hacer frente a esta situación es el aumento de capacidades de medida, tanto en número de equi-

pos como en el tipo de los mismos y en el número de personas encargadas del control radiológico. Asimismo, un seguimiento estricto de las condiciones impuestas en las órdenes de trabajo y en los Permisos de Trabajo con Radiaciones (PTR) sirve para asegurar que el estado radiológico de la planta no se modifica sin que sea conocido aunque obliga a un control directo de los trabajos.

La utilización de balizas móviles para el control radiológico en continuo, conectadas con la oficina de control de PR y la transmisión de datos vía radio, ha sido de gran ayuda para realizar el control radiológico de los trabajos. En la figura 5 se muestra una baliza capaz de medir los niveles de radiación en continuo, a la vez que controla el nivel de contaminación ambiental debido a emisores beta-gamma y alfa teniendo en cuenta la influencia de los descendientes del radón. Este equipo ha sido de gran importancia en los trabajos con riesgo de contaminación alfa, ya que alertaba del aumento inesperado de los niveles de manera inmediata, facilitando la eventual paralización de los trabajos y la salida del personal implicado. Esto nunca hubiera sido posible dado en función de una medida de actividad alfa total de un filtro en el laboratorio, ya que requiere un tiempo de decaimiento para que desaparezcan los descendientes del radón y, por otra parte, la sensibilidad de los equipos de espectrometría gamma no es suficiente para detectar el Am-241 a los niveles necesarios.

### Control radiológico de los materiales

Ya se ha indicado que uno de los aspectos clave en un desmantelamiento



Figura 5. Baliza de control radiológico ambiental.

de una central nuclear es la gestión de los materiales que se generan. Todos estos materiales pueden agruparse inicialmente en tres grandes grupos: materiales convencionales provenientes de zonas no radiológicas, materiales desclasificables procedentes de zonas radiológicas (convencionales o con contenido radiactivo) y residuos radiactivos. Los materiales del grupo de los desclasificables deberán someterse al proceso de desclasificación que lleva asociado una serie de controles desde el mismo momento que se genera. Las funciones y responsabilidades del Servicio de PR en relación con la gestión de materiales han sido las siguientes:

- Realización de las determinaciones radiológicas del proceso de control de

materiales y las complementarias al mismo.

- Realización de las pruebas periódicas de los equipos y sistemas de medida de su responsabilidad.

- Control de Calidad del proceso de medida.

- Actualización y edición de las fichas de las unidades de manejo de los materiales (UMA) y su envío al área de Clasificación y Control.

- Elaboración de los documentos de su responsabilidad previstos en el Plan y en sus procedimientos.

- Emitir las certificaciones finales de contenido o de ausencia de material radiactivo.

Para ello se ha contado durante el desmantelamiento con la instrumentación portátil típica de PR (radiómetros y medidores de contaminación con sonda de gas), con equipos de espectrometría con detector de germanio (tipo ISOC) y con equipos fijos de medida de la actividad total y espectrométrica. Información detallada de todo este proceso se incluye en la referencia [3].

### CONCLUSIONES

- La ejecución del desmantelamiento de una central nuclear requiere la adaptación de todo el programa de PR establecido durante la operación normal. Esta adaptación va desde los aspectos documentales, hasta el aumento de los medios humanos y técnicos y la reorientación de las prácticas operativas.

- La situación cambiante durante los trabajos hace que el control de PR deba ser continuo, sin olvidar la importancia del logro del compromiso de toda la organización para lograr la minimización de las dosis.

- El principio ALARA debe tenerse en cuenta desde el momento de la planificación de los trabajos, y en su aplicación deben participar todos los agentes.

- Con independencia del nivel de riesgo de radiación externa que pueda existir en la instalación, hay que prestar la máxima atención al riesgo de contaminación interna que se ve muy incrementado, respecto de la operación normal, por los propios trabajos de desmontaje, la puesta fuera de servicio de los sistemas de ventilación y confinamiento y la intervención en equipos y componentes sobre los que nunca se ha actuado.

- Para la adecuada planificación de los trabajos es necesario un profundo conocimiento de la historia operativa y radiológica de la instalación, aunque en todos los casos es necesario actualizar al momento del desmantelamiento el estado radiológico de la instalación.

Con estas consideraciones se puede afirmar que la PR aplicada será efectiva y que las dosis serán tan bajas como razonablemente se pueda alcanzar.

### REFERENCIAS

1. M<sup>a</sup>. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún, J. Just. "Evolución del estado radiológico de una central nuclear en fase de desmantelamiento y clausura". *RADIOPROTECCIÓN* 25: 21-29; Vol. VIII 2000.
2. M<sup>a</sup>. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún. "ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós 1". *RADIOPROTECCIÓN* 24: 20-26; Vol. VIII 2000.
3. M<sup>a</sup>. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún, J. Just. "Gestión radiológica de materiales de desmantelamiento". *RADIOPROTECCIÓN* 28: 28-39; Vol. IX 2001.

# Cálculo de la dosis total absorbida por cuarzo en condiciones retrospectivas

V. Correcher y A. Delgado  
CIEMAT

## RESUMEN

La estimación de la dosis total absorbida en ausencia de dosimetría convencional es de gran interés en áreas afectadas por accidentes radiológicos. En este trabajo se describe, por una parte, la metodología empleada para la reconstrucción de dosis post-accidental utilizando la termoluminiscencia (TL) del cuarzo separado de 12 ladrillos procedentes del área afectada por el accidente radiológico ocurrido en Chernobyl en 1986; y, por otra, el cálculo de la dosis total absorbida con valores estimados inferiores a 50mGy. El avance que esto supone es importante teniendo en cuenta que inicialmente se consideraba que los métodos luminiscentes en general sólo eran capaces de estimar dosis accidentales del orden de 1Gy, es decir, se ha disminuido en más de 20 veces el límite de cuantificación de dosis.

## ABSTRACT

The estimation of the total absorbed dose is of great interest in areas affected by a radiological accident when no conventional dosimetric systems are available. This paper reports about the usual methodology employed in dose reconstruction from the thermoluminescence (TL) properties of natural quartz, extracted from selected ceramic materials (12 bricks) picked up in the Chernobyl area. It has been possible to evaluate doses under 50mGy after more than 11 years later since the radiological accident happened. The main advance of this fact is the reduction of the commonly accepted limit dose estimation more than 20 times employing luminescence methods.

## INTRODUCCIÓN

La dosimetría retrospectiva es, probablemente, el sector de la dosimetría de radiaciones que más interés ha tenido en los últimos años. Esto es principalmente debido a la necesidad de ampliar la base epidemiológica de los estudios acerca de los efectos que sobre la salud tienen las radiaciones ionizantes, en especial, en el rango de dosis bajas. Las actuales recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en el rango de dosis bajas y para los denominados efectos estocásticos, están basadas en la denominada hipótesis lineal sin umbral, es decir, asumen que la probabilidad de aparición de efectos depende linealmente de la dosis sin que exista un umbral para su apari-

ción [1]. El carácter hipotético de esta recomendación, adoptada por la ICRP basándose en el principio de precaución, la hace proclive al debate, habiendo gran interés en comprobarla con datos experimentales.

Las técnicas y métodos de dosimetría retrospectiva tienen como objetivo la reconstrucción de las dosis absorbidas causadas por accidentes radiológicos con liberación de radiactividad o la irradiación del medio ambiente y sus habitantes. En ocasiones puede resultar necesario realizar mapas de dosis en escenarios muy amplios y en ausencia total o parcial de sistemas convencionales de medida, por lo cual la dosimetría retrospectiva ha de utilizar materiales naturales como dosímetros. Éstos pueden ser tanto de origen inor-

gánico (fases minerales de naturaleza ubicua localizados en materiales cerámicos -cuarzos y aluminosilicatos-) como de origen orgánico (piezas dentales, cabellos o fluidos orgánicos), pero todos deben cumplir las características generales exigidas a cualquier dosímetro convencional. Deben ser sensibles a distintos tipos de radiación; su respuesta con la dosis en el rango de interés (mGy-Gy) debe ser lineal; debe tener una respuesta razonablemente independiente de la energía de la radiación; buena estabilidad de la información almacenada e isotropía en su respuesta. Además, un dosímetro no debe sufrir ningún cambio físico o químico durante su uso, ni depender en exceso de ningún agente externo (humedad o algún agente corrosivo) que

contribuya a modificar o reducir su sensibilidad.

Debido a la variedad de materiales que potencialmente se pueden usar en dosimetría retrospectiva existen diversas técnicas de medida que son, principalmente, técnicas biológicas (*Fluorescence in situ hybridisation* -FISH- o aberraciones cromosómicas) y técnicas físicas (resonancia electrónica de spin -RSE- y métodos luminiscentes: termoluminiscencia -TL- o luminiscencia ópticamente estimulada -OSL-). La TL aplicada a la reconstrucción de dosis post-accidental, se empleó por primera vez a principios de los años 60 para la dosimetría de las bombas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki [2]; el material empleado fue cuarzo separado de ladrillos y azulejos procedentes de la zona afectada. Accidentes radiológicos posteriores como el de Three Mile Island en Harrisburg (Estados Unidos) en 1979, Goiania (Brasil) en 1987, Tammiku (Estonia) en 1994; así como la evaluación dosimétrica en zonas utilizadas para ensayos nucleares (Nevada -Estados Unidos- desde 1950-1960 o Semipalatinsk -Kazastán- desde 1949-1989) han contribuido a mejorar las técnicas de estimación de dosis tanto la RSE como los métodos luminiscentes. Aunque es a partir del accidente ocurrido en Chernobyl (Ucrania) en 1986, cuando las técnicas de medida (especialmente los métodos luminiscentes) han experimentado el avance más importante.

Las principales ventajas que supone la utilización de la TL con los materiales cerámicos de construcción residen, esencialmente, en: (i) Es posible determinar los factores de apantallamiento o blindaje debido al propio edificio, comparando las medidas realizadas sobre otros materiales tanto en el inte-

rior como en el exterior de la misma construcción. La información obtenida resulta de gran interés para estimar dosis a personas. (ii) En zonas próximas al accidente con muy baja contaminación radiactiva, es previsible que las dosis recibidas provengan mayoritariamente de radioisótopos en suspensión. Las medidas efectuadas *a posteriori* con dosímetros convencionales no permiten obtener una información fiable; sin embargo, en esta situación, ladrillos y tejas actúan como dosímetros integradores de las dosis recibidas al paso de las nubes radiactivas y posibilitan su medición de forma retrospectiva. (iii) Los productos de fisión de vida corta producen la mayor contribución a las dosis recibidas por la población en los primeros momentos tras el accidente. En esta situación, el establecimiento retardado de sistemas de dosimetría convencional no proporciona datos representativos, siendo, por tanto, una mejor alternativa la utilización de los materiales naturales ya que integran la dosis desde el momento en que se produce el accidente.

La disponibilidad de contar con diferentes técnicas de evaluación de dosis, basadas en las propiedades luminiscentes del material, es una ventaja en dosimetría retrospectiva puesto que la sensibilidad a la radiación y las características de las fases minerales, habitualmente cuarzo, pueden variar de manera sustancial de una cerámica a otra en función tanto del tipo de cuarzo como del proceso de fabricación de la cerámica (donde se emplean calentamientos a partir de 800-900°C para ladrillos y del orden de 1.000-1.200°C en porcelanas). Conviene resaltar que, pese a alcanzar estas temperaturas, la fase mineral separada de los ladrillos tenía estructura cuarzo y

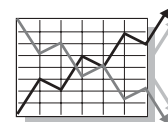
no tridimita (la transición de fase se produce a 870°C) debido a que el enfriamiento de la cerámica se efectúa lentamente. La diversidad de técnicas permite tener la posibilidad de comparar, de forma consistente, la evaluación de la dosis utilizando distintos procedimientos basados en la respuesta termoluminiscente de dos de los picos característicos del cuarzo: el pico de 110°C (utilizando la técnica de la pre-dosis) y el que aparece a 210°C (utilizando la técnica de la regeneración de la señal en una misma alícuota).

A continuación se describen los resultados obtenidos tras la aplicación de ambas técnicas estimando la dosis absorbida a partir de diferentes cuarzos separados de 12 ladrillos seleccionados de distintas zonas de Rusia y Ucrania afectadas por el accidente de Chernobyl. Asimismo, mediante un estudio del perfil de dosis en profundidad, se estudia el efecto de apantallamiento de la dosis que ejerce el propio material cerámico.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales cerámicos (ladrillos) procedentes de Ucrania y Rusia fueron seleccionados utilizando los criterios descritos por Correcher y Delgado (2000) [3]. Las muestras fueron tratadas mecánicamente (corte y molienda) y químicamente (ataque ácido para eliminar los carbonatos y aluminosilicatos) separando granos de cuarzo de un tamaño entre 90-120 µm tomados a las distancias de 10, 20, 40, 60, 80 y 100 mm, sirviendo como referencia la parte más externa del ladrillo.

Las medidas de TL en la región espectral del azul se efectuaron en un equipo de TL/OSL automatizado modelo TL-DA-12 desarrollado por Risø



National Laboratory de Roskilde, Dinamarca. Este lector consta de una unidad principal con portamuestras, horno, irradiador provisto de una fuente de  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  cuya tasa de dosis es  $0,023 \text{ Gy/s}$  calibrada con una fuente gamma de  $^{60}\text{Co}$  en un laboratorio de calibración de patrones secundarios [4] y un tubo fotomultiplicador EMI modelo THORN 9635QA. La emisión del cuarzo fue registrada utilizando un filtro azul fabricado por Melles-Griot (FIB002) donde el máximo de emisión está situado en  $425 +25 -0 \text{ nm}$ , su FWHM es  $80 \pm 16$  y el mínimo de transmitancia es del 60%. Todas las medidas se efectuaron en presencia de nitrógeno y a una velocidad de calentamiento de  $5^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$  hasta una temperatura máxima de  $550^\circ\text{C}$ . Las alícuotas, en cantidades de  $5,0 \pm 0,1 \text{ mg}$ , se dispusieron sobre planchas de acero inoxidable para llevar a cabo las medidas de luminiscencia.

La dosis, utilizando la activación múltiple (AM), se evaluó a partir de los cambios de sensibilidad observados en el pico de TL de  $110^\circ\text{C}$  del cuarzo siguiendo una secuencia que consta de los siguientes pasos [5]: (1) medición de la sensibilidad inicial ( $S_0$ ) del pico de  $110^\circ\text{C}$  suministrando una dosis de referencia ( $23 \text{ mGy}$ ) y calentamiento posterior hasta  $180^\circ\text{C}$ ; (2) activación térmica de la muestra consistente en un calentamiento rápido, calculado para cada muestra individualmente (normalmente  $550^\circ\text{C}$ ); (3) medición de la sensibilidad de la muestra,  $S_N$ , como en (1); (4) suministro de una dosis  $\beta$  de calibración ( $0,5\text{-}1 \text{ Gy}$ ) a la muestra y calentamiento posterior hasta  $180^\circ\text{C}$  para borrar la contribución que ha generado la dosis dada; (5) medida del templado (*quenching*) por radiación  $S_N'$  igual que en (1); (6) nueva activa-

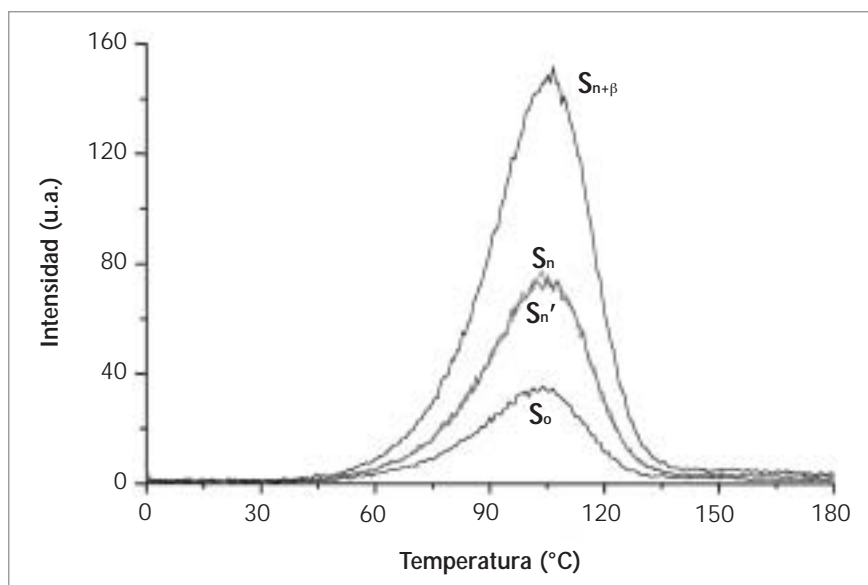


Figura 1. Medición de la variación de la sensibilidad del pico de TL de  $110^\circ\text{C}$  de una alícuota de cuarzo separado de la fracción de  $60 \text{ mm}$  de la muestra C48. Las condiciones de medida (filtros empleados y tasa de calentamiento) se mantienen invariables.  $S_0$  corresponde a la sensibilidad inicial del pico de  $110^\circ\text{C}$  tras suministrar una dosis de referencia de  $23 \text{ mGy}$ ; y calentamiento posterior hasta  $180^\circ\text{C}$ ;  $S_N$  es la sensibilidad del máximo tras la primera activación térmica hasta  $550^\circ\text{C}$  y posterior dosis de referencia ( $23 \text{ mGy}$ );  $S_N'$  mide la sensibilidad de la muestra tras suministrar una dosis  $\beta$  de calibración ( $0,25 \text{ Gy}$ ) y  $S_{N+\beta}$ , corresponde a la sensibilidad de la muestra tras la segunda activación térmica.

ción térmica en similares condiciones a (2); y (7) medida de la sensibilidad de  $S_{N+\beta}$ , como en (1).

El esquema de medida utilizado para la evaluación de la dosis con el pico de  $210^\circ\text{C}$  consta de varias etapas [6]: (1) Calentamiento hasta  $140^\circ\text{C}$  ( $2^\circ\text{C/s}$ ) para borrar los picos de baja temperatura. (2) Lectura hasta  $280^\circ\text{C}$  registrando la curva de TL resultante. (3) Irradiación beta a una dosis conocida  $\beta_1$ . Este paso se realiza varias veces consecutivas con dosis  $\beta_2, \beta_3, \beta_4 \dots$  sucesivamente mayores y repetición de los pasos (1) y (2).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología utilizada para calcular la dosis total absorbida ( $D_{\text{TL}}$ ), que corresponde a la suma de la dosis accidental ( $D_{\text{Ac}}$ ) y la dosis natural ( $D_{\text{ED}}$ )

acumulada a partir de la puesta a cero del material (último calentamiento recibido), se realizó sobre la base de dos propiedades características del cuarzo: el efecto pre-dosis del pico de  $110^\circ\text{C}$  y el efecto de regeneración del pico de  $210^\circ\text{C}$ .

En la figura 1 se muestran las curvas obtenidas a partir de la secuencia descrita en el apartado anterior para la AM. Se toman los valores de las áreas de  $S_0, S_N, S_N'$  y  $S_{N+\beta}$  en un rango de temperatura de  $\pm 30^\circ\text{C}$  con respecto a la posición del máximo. Asumiendo que: (a) la temperatura de activación térmica es la adecuada, (b) el cambio de sensibilidad de la muestra es lineal con la pre-dosis, (c) el cambio de sensibilidad por unidad de dosis para la dosis natural y la dosis de calibración son similares; (d) los valores de sensibilidad inicial medidos en el laboratorio

son los adecuados y (e) los efectos de cambios de sensibilidad son atribuibles al cuarzo; la estimación de  $D_{TL}$  se obtiene a partir de la expresión descrita en [5] (Ec. 1):

$$D_{TL} = \frac{S_N - S_o}{S_N + \beta - S_N'} (2\beta_o + \beta) - \beta_o \quad (Ec. 1)$$

El efecto pre-dosis en cuarzo está relacionado con los cambios de sensibilidad que se producen en el pico de TL de 110°C como consecuencia de la absorción de radiación ionizante a temperatura ambiente seguido de un calentamiento rápido (conocido como activación térmica) a temperaturas normalmente superiores a 500°C. El incremento de la sensibilidad es proporcional a la dosis previamente absorbida por el material [7]. El proceso que tiene lugar está basado en los resultados experimentales obtenidos por RSE [8] y consiste en una recombinación radiativa de electrones, procedentes de centros  $(GeO_4)^\bullet$ , con huecos  $(H_3O_4)^\circ$  cuya emisión dominante, a 380 nm, varía su sensibilidad durante el proceso de la pre-dosis. Paralelamente se origina una recombinación electrón-hueco (atrapados en centros  $(AlO_4)^\bullet$ ) que produce luminiscencia a 470 nm; sin embargo, esta emisión mantiene constante su sensibilidad siendo independiente de la dosis previa que la muestra se haya absorbido.

La utilización con fines dosimétricos del pico de 210°C del cuarzo presenta la ventaja de necesitar una secuencia de medida más simple y de menor duración que la aplicada en la técnica de la pre-dosis. Sin embargo, se trata de una técnica menos sensible que la pre-dosis, tiene una mayor dependencia del tipo de cuarzo separado de la cerámica así como del proceso de

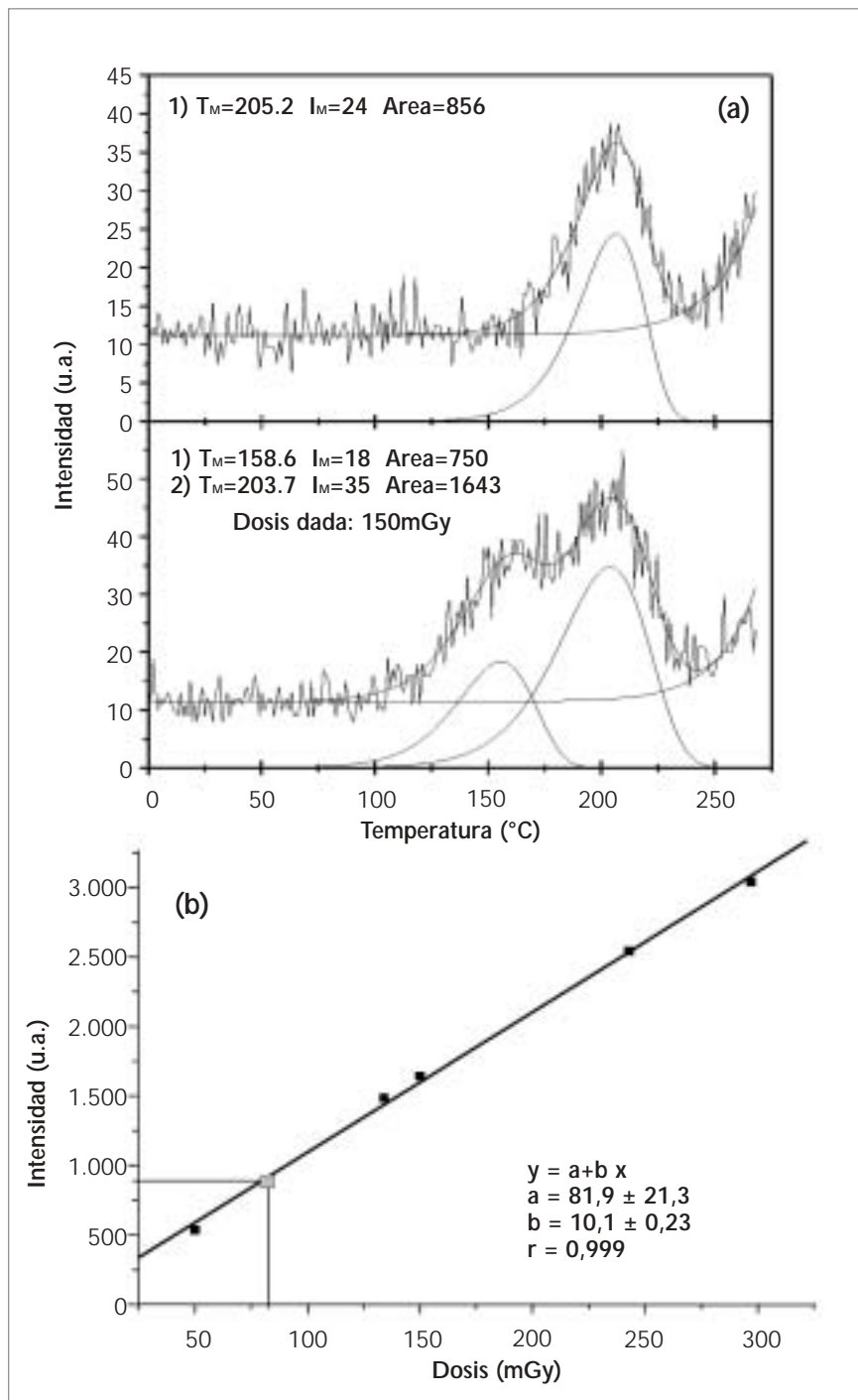
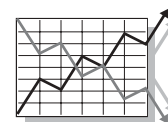


Figura 2. (a) Análisis numérico de la curva de TL correspondiente a la fracción de 10 mm de C68. En la parte superior se muestra la emisión luminiscente obtenida de la muestra natural. La curva de la parte inferior de la figura se obtuvo tras suministrar a la muestra una dosis muy superior a la calculada para la muestra (78mGy). (b) Estimación de la dosis obtenida por interpolación de los valores de las áreas del pico de 210°C calculados mediante deconvolución de la curva de TL.





fabricación de la misma. Dado que ambos picos comparten el mismo tipo de centros de recombinación y presentan el espectro de emisión en la misma región (azul-UV) las condiciones de medida en ambos casos son idénticas. Tras comprobar que no había variación en la sensibilidad de la muestra al efectuar calentamientos hasta 280°C, se procedió a aplicar la secuencia de medida descrita en la sección anterior.

Las curvas de TL obtenidas por este procedimiento de medida, donde aparece el pico de 210°C, son analizadas utilizando el programa de deconvolución *Glow Curve Analysis* (GCA) desarrollado por Delgado y Gomez-Ros [9]. Los datos utilizados para el cálculo de la dosis absorbida son las áreas estimadas a partir del programa de análisis (Fig. 2a). Se comparan el área de la emisión luminiscente debida a la muestra natural, con el área correspondiente a la componente de 210°C de la curva (en la parte inferior) tras suministrar a la muestra una dosis conocida de 150 mGy con la fuente beta asociada al lector. Se suministran diferentes dosis y se realiza la estimación de la dosis por interpolación de los valores de las áreas del pico de 210°C calculados mediante deconvolución de la curva de TL (Figura 2b). El valor medio resultante de las áreas calculadas para cada grupo de las cuatro alícuotas, se ajusta a una ecuación lineal para determinar la dependencia de la señal de TL con la dosis. Una vez determinada la expresión matemática y conociendo el valor de la señal de TL obtenida en los pasos (1) y (2), el valor de la dosis absorbida se estima por interpolación (Fig 2b). La principal ventaja del uso de GCA es la posibilidad de comparar de manera directa muestras naturales y muestras irradiadas en el laboratorio

Localización		10 mm	20 mm	40 mm	60 mm	80 mm	100 mm
Rusia 97	C42	404±22	326±20	308±27	267±19	194±4	182±13
	C44	279±9	238±4	229±2	236±8	168±15	199±6
	C46	80±6	91±7	61±4	...	39±3	
Ucrania 97	C48	117±3	95±1	88±4	88±6	81±7	93±4
	C49	92±13	77±8	73±11	71±5	71±10	64±9
	C52a	930±70	710±70	500±50	450±44	390±38	290±28
Rusia 98	C55	213±13	182±17	138±17	127±13	91±8	110±8
	C56	183±16	180±8	170±8	158±11	158±11	155±8
	C57	187±6	201±6	184±18	183±6	182±4	159±9
Ucrania 98	C66-1	124±2	103±9	93±1	85±1	80±2	
	C66-2	87±6	92±3	84±3	86±2	84±4	
	C68	78±4	74±10	59±4	63±1	75±3	

Tabla I. Estimación de la dosis total absorbida (en mGy) obtenida a partir de cuarzo separado de distintas fracciones de ladrillos correspondientes a distintas profundidades (en mm). Se han empleado la técnica de la pre-dosis (pico de 110°C) y la técnica de regeneración (pico de 210°C). La recogida de muestras se realizó en Rusia y Ucrania en los años 1997 y 1998.

sin necesidad de emplear tratamientos térmicos previos, lo que simplifica significativamente el procedimiento de medida. Habitualmente las muestras naturales contienen un único máximo situado a 210°C, pero tras ser irradiadas en el laboratorio (en la técnica de la regeneración de señal TL) se observa sistemáticamente la aparición de otro pico a menor temperatura (~160°C). La aplicación de este programa, GCA, permite diferenciar los dos máximos y discriminar la contribución que se obtiene experimentalmente del fondo. Este hecho cobra gran importancia cuando la señal luminiscente es muy débil, pues puede alterar considerablemente la estimación final de la dosis. Una de las principales ventajas que presenta la técnica de la regeneración del pico de 210°C es la alta precisión que se consigue en la estimación de la dosis. A diferencia de lo que ocurre con el pico de 110°C, donde la vida media de las cargas alojadas en las trampas asociadas a este pico es de minutos, en el pico de 210°C la vida media es de 750-2000 años a 20°C [10]. Esto implica que el porcen-

taje de error debido al decaimiento de la señal de TL que se comete al evaluar la dosis de eventos sucedidos en los últimos 40 años utilizando este máximo, es prácticamente despreciable.

En los valores de  $D_{TL}$  estimados empleando ambas técnicas se observa un alto grado de correlación. A la vista de los resultados obtenidos (Tabla I) es interesante destacar que en la mayoría de los ladrillos el valor de  $D_{TL}$  disminuye conforme la fracción analizada se aleja de la parte más externa, es decir, los valores de dosis de entrada estimados para las fracciones de 10 mm (las más superficiales) son superiores, en general, a las restantes fracciones. Se aprecia una disminución progresiva de la dosis absorbida con la fracción ajustándose a una expresión matemática de tipo exponencial decreciente de primer orden. Este comportamiento es debido al efecto de apantallamiento que el propio ladrillo ejerce. Los perfiles de dosis en profundidad de las muestras C48, C49 y C66-1 son característicos de una exposición baja o nula a la radiación 'accidental' y, por consiguiente, una baja contaminación

radiactiva. Es decir, los valores de dosis de entrada (fracción de 10 mm) son superiores al resto de las fracciones del ladrillo (40, 60, 80 y 100,mm), que a su vez presentan valores muy similares. En consecuencia, los valores de dosis total absorbida para las fracciones más profundas pueden conside-

rarse equivalentes a  $D_{ED}$ . Por su parte, las muestras C66-2 y C68 presentan valores muy similares en todas las fracciones. Esto supone que, pese a ser ladrillos procedentes de una zona cercana a Chernobyl (50-60km), ésta no se vio afectada por una contaminación radiactiva significativa y sus habitantes

se vieron mínimamente expuestos a dosis de radiación accidental. Se puede deducir que son ladrillos donde, al no haber variación en el perfil de la dosis en profundidad, la  $D_{TL}$  es  $D_{ED}$ . Este fenómeno de bajas dosis en lugares cercanos a un accidente radiológico se ha observado en otras ocasiones y se explica por las condiciones meteorológicas que tuvieron lugar en ese momento. La dirección del viento fue en ese momento hacia el norte o noroeste, con lo que disipó la nube en sentido contrario a esa región. La  $D_{TL}$  de entrada estimada (fracción de 10 mm) para la muestra C57 era inferior a la dosis calculada para la fracción de 20 mm. Este hecho es posiblemente debido a las características intrínsecas del ladrillo seleccionado (blando y poco homogéneo); la presencia de  $^{137}\text{Cs}$  sobre la superficie de un material no muy compacto puede favorecer, que por efecto de las condiciones meteorológicas (por ejemplo, lluvia), se produzca una lixiviación del metal en el ladrillo [11]. La dosis máxima estimada (dosis de entrada en la C52a) fue de 930mGy, cercano al Gy, y la dosis mínima 39mGy (fracción de 80 mm de la muestra C46), casi 25 veces inferior a la dosis máxima. Este hecho es de gran interés ya que (1) se pueden estimar dosis absorbidas totales inferiores a 50mGy, uno de los objetivos de este trabajo y (2) la metodología aplicada es válida y fiable en un amplio rango de dosis (de 40mGy a 1Gy).

Los valores obtenidos fueron validados en un ejercicio de intercomparación (Fig 3) donde participaron laboratorios de Alemania (GSF), Dinamarca (Risø NL), Finlandia (Univ. Helsinki) y Reino Unido (Univ. Durham), participantes en el proyecto financiado por la UE 'Dose Reconstruction' FI4P-CT

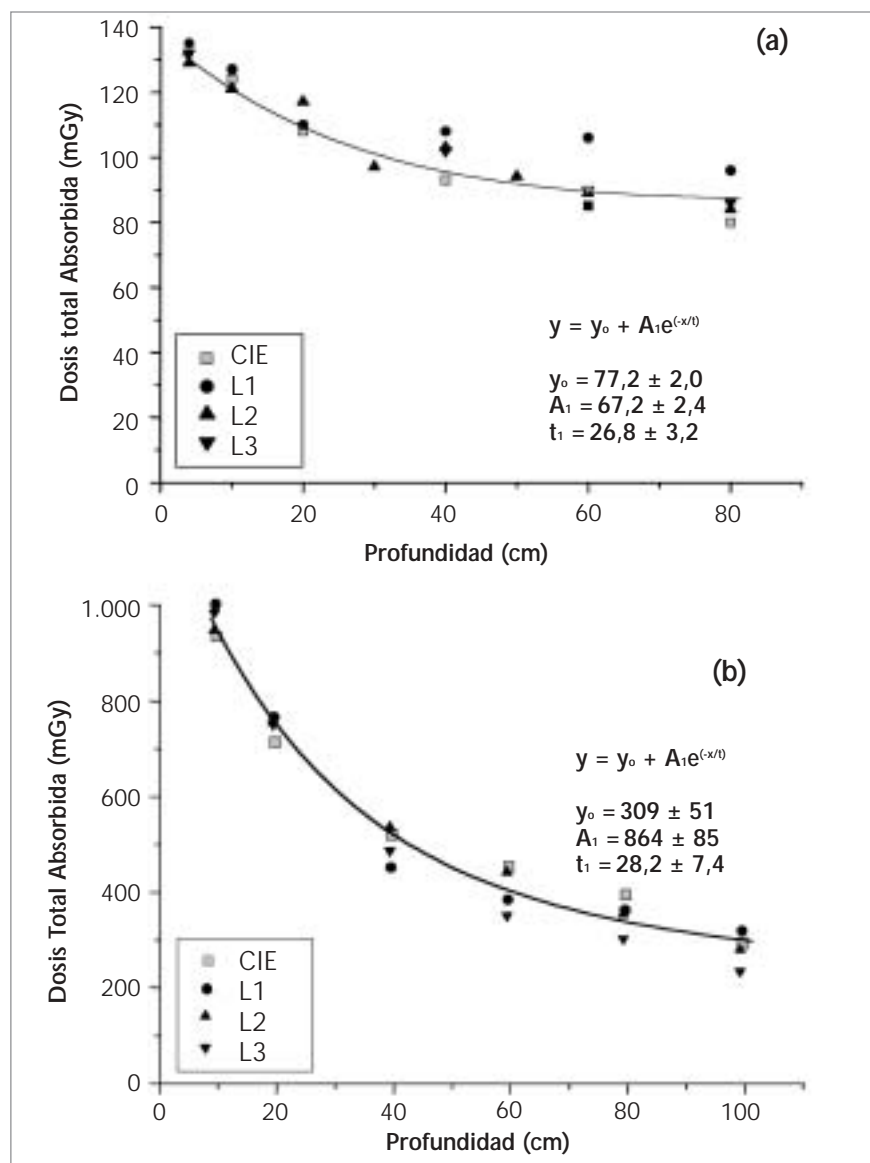
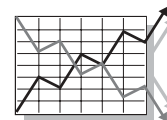


Figura 3. Perfil de dosis en profundidad obtenido en un ejercicio de intercomparación europeo correspondientes a dosis de entrada: (a) 124mGy (C66-1) y (b) 930mGy (C52a). L1, L2 y L3 son los laboratorios participantes en el ejercicio.



95-0011d. Es interesante destacar que los perfiles de dosis en profundidad estudiados, en general, se pudieron ajustar a una expresión matemática de tipo exponencial decreciente de primer orden, lo que significa que en el material cerámico se produce una atenuación de la radiación con la profundidad como consecuencia del apantallamiento o blindaje del propio edificio. Cada uno de ellos empleó diferentes métodos luminiscentes [6].

### CONCLUSIONES

La estabilidad de la información dosimétrica almacenada en cuarzo procedente de ladrillos permite evaluar las dosis décadas después de haber ocurrido el accidente. Este hecho, que ya se evidenció en las sucesivas mediciones dosimétricas de las bombas, se ha puesto de manifiesto nuevamente en la

zona afectada por el accidente de Chernobyl. Tras más de una década se han realizado estimaciones coherentes de dosis. Se han estimado dosis totales absorbidas inferiores a 50mGy, lo que implica una disminución en más de 20 veces las referenciadas en la bibliografía consultada donde se hace mención, en el mejor de los casos, a dosis próximas al Gy.

### REFERENCIAS

1. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP ,21: 1-201;1991.
2. Ichikawa, Y., Higashimura, T., Shidei, T. Thermoluminescence dosimetry of gamma rays from atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. Health Phys. 12: 395-405; 1966.
3. Correcher, V., Delgado, A. Selección y caracterización de muestras cerámicas para su aplicación en dosimetría ambiental retrospectiva. Radioprotección, N° Extraordinario, 275-6; 2000.
4. Correcher, V., Delgado, A. On the use of

natural quartz as transfer dosimeter in retrospective dosimetry. Radiat. Meas. 29: 411-4; 1998.

5. Bailiff, I.K. Pre-dose dating. En: *Scientific Dating Methods Advanced Scientific Technique*, vol 1, Eurocourses. pp 155-173 Ed. H.Y. Göksu, M. Oberhofer y D. Regulla. Kluwer Academic Pub. Dordrecht, CEÇ, 1991.

6. Bailiff, I.K., Bøtter-Jensen, L., Correcher, V., Delgado, A., Göksu, H.Y., Jungner H., Petrov, S. Absorbed dose evaluations in retrospective dosimetry: methodological developments using quartz. Radiat. Meas. 32: 609-613; 2000.

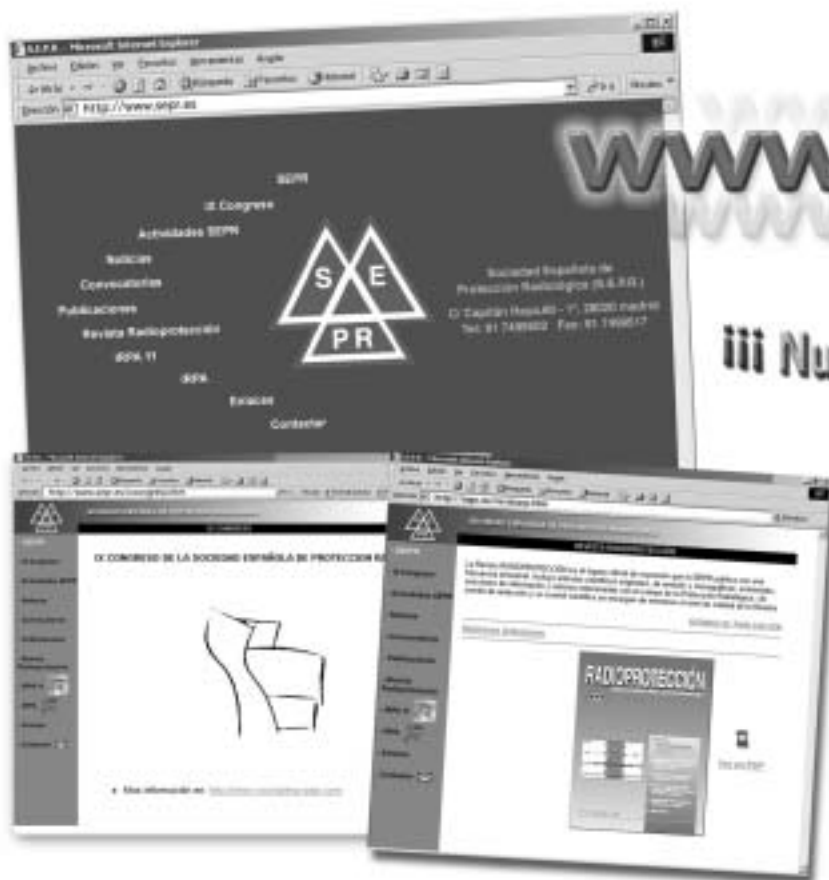
7. Bailiff, I.K. The pre-dose technique. Radiat. Meas. 23: 471-9; 1994.

8. Yang, X.H., McKeever, S.W.S. The pre-dose effect in crystalline quartz. J. Phys. D: Appl. Phys. 23: 237-244; 1990.

9. Delgado, A., Ros, J.M.G. Computerised glow curve analysis: A tool for routine thermoluminescence dosimetry. Radiat. Prot. Dosim. 96: 127-132; 2001.

10. Bailiff, I.K., Petrov, S. A. The use of the 210°C TL peak in quartz for retrospective dosimetry. Radiat. Prot. Dosim.; 84: 551-4; 1999

11. Maguire, S., Pulford, I.D., Cook, G.T., Mackenzie, A.B. Cesium sorption desorption in clay humic-acid systems. J. Soil Sci. 43: 689-696; 1992.



[www.sepr.es](http://www.sepr.es)

!!! Nueva WEB de la SEPR !!!

La Protección  
Radiológica  
en la red

visítala

# Protección radiológica en tratamientos metabólicos con $^{153}\text{Sm}$ . Experiencia de un año

M.A. Rivas Ballarín, P. Ruiz Manzano, A. Hernández Vitoria, A. García Romero, M. Canellas Anoz y F. Pizarro Trigo

Servicio de Física y Protección Radiológica  
HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO "LOZANO BLESA" DE ZARAGOZA

## RESUMEN

Este artículo trata, tras la experiencia de un año, la protección radiológica asociada a los tratamientos de radioterapia metabólica con  $^{153}\text{Sm}$ , en lo que se refiere a trabajadores expuestos y personas del entorno del paciente, así como a la gestión de los residuos radiactivos generados en estos tratamientos. Los valores de la actividad administrada son del mismo orden de magnitud que los de los tratamientos de  $^{131}\text{I}$ . Sin embargo, el  $^{153}\text{Sm}$  posee menores periodo de semidesintegración y dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación que el  $^{131}\text{I}$ , y el paciente permanece ingresado durante un periodo de tiempo más corto. Por ello no es necesario incrementar las exigencias de protección radiológica, ni se complica la gestión de los residuos radiactivos, con relación a lo ya establecido para los tratamientos con  $^{131}\text{I}$ .

## ABSTRACT

This study deals with radiological protection associated with  $^{153}\text{Sm}$  treatments, after one-year experience, regarding hospital staff and patient relatives, as well as management of the radioactive waste generated by these treatments. The amount of administered activity may be similar to that in  $^{131}\text{I}$  treatments. However,  $^{153}\text{Sm}$  has smaller half life and committed effective dose per unit intake, than  $^{131}\text{I}$  and the stay of patients at hospital is also shorter. So, it is not necessary to increase the demands on radiological protection, or complicate the radioactive waste management, regarding to the established standards for  $^{131}\text{I}$  treatments.

## INTRODUCCIÓN

El  $^{153}\text{Sm}$  es utilizado para tratamientos ambulatorios de las metástasis osteoblásticas de diferentes tumores malignos que captan difosfonatos marcados con Tc99m en la gammagrafía ósea. Se administra a los pacientes a razón de 37 MBq/kg, por lo cual la actividad manejada en estos tratamientos es del orden de 2.500 MBq. Se estima que la mitad de esta actividad es eliminada por orina en las seis horas posteriores al inicio del tratamiento. Se hace por tanto necesario ingresar al paciente para recoger la orina generada en ese periodo y controlarla como residuo radiactivo líquido. En el presente artículo se valora, tras la experiencia de un año de tratamientos, cómo ha influido la presencia de este nuevo radioisó-

topo en la protección radiológica de trabajadores expuestos y personas del entorno del paciente, así como en la gestión de los residuos radiactivos.

## METODOLOGÍA

### Características físicas del $^{153}\text{Sm}$

El  $^{153}\text{Sm}$  se produce por irradiación de neutrones sobre óxido de  $^{152}\text{Sm}$ . Su periodo de semidesintegración es de 46,3 horas y es un emisor beta y gam-

ma de las energías que se muestran en la tabla 1. El radiofármaco utilizado es  $^{153}\text{Sm}$  EDTMP. Se trata de un complejo de samario radiactivo y un quelante tetrafosfonado, el ácido etilendiaminotetrametilenfosfónico, denominado comercialmente QUADRAMET.

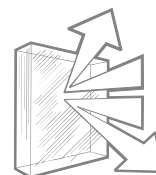
Su constante específica  $\Gamma$  es  $1,24 \times 10^{-5}$  mSv/MBq·h a 1 metro.

### Dosimetría ambiental en torno al paciente

Los pacientes ingresan habitualmente a las 8 de la mañana y se les inyecta inmediatamente el radiofármaco. Permanecen ingresados hasta las 14 horas aproximadamente. Se realizan medidas de tasa de dosis en contacto y a un metro del paciente tras la inyección y antes de darles el alta.

Tipo de Emisión	Energía (MeV)	F (%)
$\beta$	0,64	30
$\beta$	0,71	50
$\beta$	0,81	20
$\gamma$	0,103	29

Tabla 1. Datos de radiación emitida por el Sm-153



## Gestión de residuos líquidos

Durante el tiempo que permanece ingresado, el paciente orina en un WC especial que vierte al mismo depósito donde se almacena la orina procedente de los pacientes tratados con  $^{131}\text{I}$ . El criterio para eliminar el contenido de los depósitos es que la dosis efectiva anual que pueda recibir el público por la ingestión de estos radionucleidos en el agua de beber sea igual o menor que una centésima del límite anual de dosis, es decir  $10^{-5}$  Sv. Para calcular el tiempo de envejecimiento se utilizan los valores de dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación por ingestión dados en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes<sup>2</sup>. Veamos cómo influye la inclusión del  $^{153}\text{Sm}$  sobre el periodo de envejecimiento calculado cuando el depósito contiene solamente  $^{131}\text{I}$ . Supondremos que al cierre del depósito la actividad de ambos radionucleidos es igual

$$A_{\text{I}} = A_{\text{Sm}} = A_0 \quad (1)$$

Se trata de una suposición conservadora, ya que normalmente se trata un mayor número de pacientes con  $^{131}\text{I}$ , y con mayor actividad, por lo que en realidad la actividad de  $^{153}\text{Sm}$  en el momento del cierre del pozo ha sido 7 y 10 veces inferior a la del  $^{131}\text{I}$ , durante el periodo estudiado.

Se deja envejecer el depósito durante un tiempo  $t$ . Si  $h_{\text{I}}$  y  $h_{\text{Sm}}$  (Sv/Bq) son las dosis efectivas comprometidas por unidad de incorporación del  $^{131}\text{I}$  y del  $^{153}\text{Sm}$ , respectivamente, la ecuación que determina el valor de  $t$  será:

$$h_{\text{I}} \cdot A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{8,04}} + h_{\text{Sm}} \cdot A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{1,95}} = 10^{-5} \text{ Sv} \quad (2)$$

	Actividad administrada (MBq)	Tasa de dosis inicial ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Tasa de dosis final ( $\mu\text{Sv/h}$ )
Mediana	2257	12,4	8,5
Media	2503	13,4	9,1
DesvEst	420,9	5,0	3,1

Tabla 2. Valores de la actividad y tasa de dosis a 1 m

Los valores de dosis efectiva comprometida considerados aquí son los correspondientes a un niño menor de un año, por ser los más restrictivos ( $h_{\text{I}} = 1,8 \text{ E-7 Sv/Bq}$ ,  $h_{\text{Sm}} = 4,2 \text{ E-9 Sv/Bq}$ ).

Operando sobre la ecuación (2), podemos escribirla de la siguiente forma:

$$h_{\text{I}} \cdot A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{8,04}} (1+s) = 10^{-5} \text{ Sv} \quad (3)$$

$$\text{donde } s = \frac{h_{\text{Sm}}}{h_{\text{I}}} \cdot e^{-0,693t \left( \frac{1}{1,95} - \frac{1}{8,04} \right)} \quad (4)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre octubre de 2001 y octubre de 2002 se han tratado un total de 27 pacientes. La tabla 2 muestra los valores de la actividad, tasa de dosis inicial y tasa de dosis a 1 metro en el momento de alta.

Los histogramas 1 y 2 muestran la distribución de actividad administrada y tasa de dosis medida a los pacientes tratados.

Los valores de tasa de dosis a 1 metro en el momento del alta son inferiores, por término medio, a los que presentan los pacientes tratados con  $^{131}\text{I}$  y, puesto que permanecen ingresados un periodo de tiempo breve (6 horas aproximadamente), no suponen un aumento significativo en la dosis de radiación recibida por el personal sanitario. Esto lo demuestra el hecho de que las lecturas de sus dosímetros personales correspondientes a los 6 meses an-

teriores al comienzo de los tratamientos con  $^{153}\text{Sm}$  no difieran significativamente de las correspondientes a los 6 meses posteriores.

Suele tratarse de pacientes con un estado de salud precario. Necesitan cuidados y por ello se les entrega una hoja de instrucciones que deben seguir con el fin de minimizar las dosis de radiación recibidas por las personas de su entorno familiar (Anexo 1), una vez que se les ha dado el alta radiológica.

Veamos ahora cómo afecta la inclusión del  $^{153}\text{Sm}$  en el periodo de envejecimiento de la orina radiactiva. El tiempo de decrecimiento mínimo para poder evacuar el depósito con residuos de  $^{131}\text{I}$ , con el condicionante de la centésima del límite anual de dosis para público, es de alrededor de 210 días. En el caso de que el depósito contuviera una actividad de  $^{153}\text{Sm}$  igual que la de  $^{131}\text{I}$  (hipótesis conservadora, como se ha dicho anteriormente), la contribución de aquel a la dosis efectiva vendría dada por el término  $s$  de la ecuación (3). Sustituyendo en la ecuación (4)  $t = 210$  días, se obtiene el valor  $s = 6,5 \cdot e^{-27}$ . Este valor puede despreciarse frente a 1, por lo que la adición del  $^{153}\text{Sm}$  no es significativa a la hora de calcular el envejecimiento de los residuos líquidos.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos con  $^{153}\text{Sm}$  no aumentan significativamente la carga

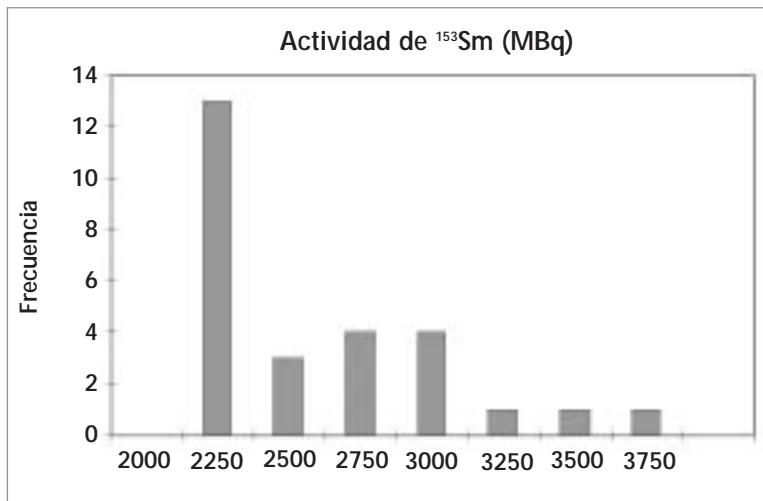


Fig.1 Histograma de actividades administradas a los pacientes

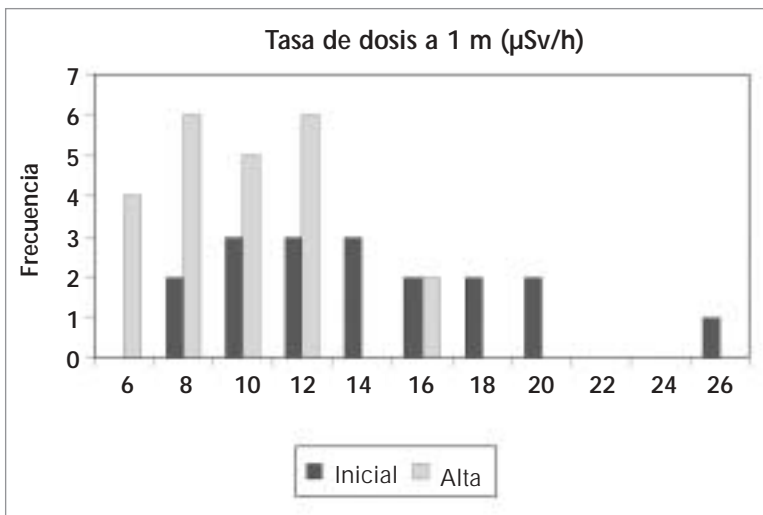


Fig. 2. Histograma de tasa de dosis a 1 m inicialmente y en el momento del alta.

radiológica de los trabajadores expuestos ni complica la gestión de residuos líquidos respecto a la establecida para los tratamientos con <sup>131</sup>I. Si se siguen las instrucciones dadas a los pacientes tras el alta radiológica, tampoco debería producirse irradiación indebida a familiares y miembros del público.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Eary JF, Collins C, Stabin M, Vernon C, et al. Samarium-153 Biodistribution and dosimetry estimation. J. Nucl. Med. 1993; 34:1031-6.
2. RD 783/2001 de 6 de julio por el que se aprueba el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (BOE de 26 de julio).

**ANEXO 1**

**INSTRUCCIONES QUE DEBEN SEGUIR LOS PACIENTES QUE HAN RECIBIDO TERAPIA METABÓLICA CON SAMARIO 153 (<sup>153</sup>Sm).**

Como ya sabe, le hemos tratado con samario 153, que es una sustancia radiactiva. Parte del samario que le administramos queda retenido en los huesos durante algún tiempo y otra parte se elimina por orina. Por ello es necesario que adopte una serie de precauciones en relación con su familia, sus compañeros de trabajo y su higiene personal, que hemos tratado de recoger en estas instrucciones. Cualquier duda que le surja tras leerlas puede comentarla con los médicos y el personal de enfermería de nuestro servicio que gustosamente las resolverán.

1. Los niños y las mujeres embarazadas deben ser protegidos de forma especial frente a las radiaciones. Por ello, durante las próximas **24 horas**, debe tomar las siguientes precauciones.

- No debe convivir con niños menores de 10 años ni con mujeres embarazadas.
- Si en otras circunstancias tiene alguna relación con niños/embarazadas durante ese periodo de tiempo permanezca al menos a 2 metros de distancia y nunca durante más de 2 horas.
- Con los niños mayores de 10 años, evite el contacto próximo.

2. Deberá suspenderse la lactancia natural si es necesario efectuar el tratamiento con <sup>153</sup>Sm durante ese periodo.

3. No duerma en la misma cama que su pareja durante las próximas 24 horas.

4. Durante las 12 horas posteriores a la administración del radiofármaco, y para evitar la contaminación radiactiva, debe tomar las siguientes precauciones:

- Orinar en el inodoro, nunca en un orinal, tirar de la cadena 2 veces.
- Si se derrama orina fuera del mismo, debe recogerla con papel higiénico y arrojarlo al inodoro.
- Lávese las manos a fondo después de usar o limpiar el inodoro.
- Si su ropa se impregna de orina, lávela aparte o déjela en un recipiente durante una semana. Transcurrido ese tiempo puede lavarla con el resto de la ropa.



## PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

### PROYECTO DE I+D DEL OIEA

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) está financiando desde principios del año 2003 el proyecto de I+D "Improvement of Dosimeter Service Capability for Nuclear and Radiological Emergencies". En el marco de dicho proyecto, el pasado mes de agosto el OIEA organizó una visita técnica a Brasil de Teresa Navarro Bravo, responsable del grupo de dosimetría interna del CIEMAT y miembro de la SEPR. Durante su estancia visitó el Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) de Río de Janeiro y el Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) de Sao Paulo.

El objetivo de la visita técnica a ambas instituciones era mejorar e implementar la metodología necesaria en el

área de la dosimetría interna en situaciones de emergencia, tanto en las técnicas de medida apropiadas para casos de contaminación interna, como en el

- diseño de los programas de vigilancia y las frecuencias de medida adecuadas para cada técnica. Estos estudios se complementan con la aplicación de los criterios necesarios en las estimaciones primarias de dosis y la toma de decisiones en casos de emergencia.

- Entre las actividades llevadas a cabo durante la visita técnica, Teresa Navarro impartió seminarios en ambos centros sobre: "Evaluaciones de las actividades incorporadas en situación de emergencia nuclear. La experiencia en España". En el seminario se presentó la situación de la dosimetría en España documentada con las técnicas e infraestructura disponible y la metodología de criterios en casos de evaluaciones dosimétricas, incidiendo particularmente en la legislación española en caso de accidentes.

- La visita también sirvió para poder discutir diferentes situaciones de emergencia y su implicación en el campo de las estimaciones de dosis internas. Se realizaron estudios sobre modelos biocinéticos referentes a cesio, torio, uranio y

- las distintas técnicas implementadas en el IRD para análisis de aerosoles (PIXE y PDMS). También se realizaron reuniones de trabajo en ambos centros, con los laboratorios de medidas "in vivo" e "in vitro", en relación a las técnicas de determinación de radionucleidos en situación de emergencia en casos de contaminación interna y sobre los programas de vigilancia y control radiológico interno en situaciones de emergencias radiológicas.

- La formación científica y técnica del personal de ambos centros, en el contexto de esta misión, ha sido excelente, tanto desde el desarrollo de métodos analíticos como de los propios de dosimetría interna. La valoración de los resultados ha sido muy positiva, estableciéndose una relación científica fluida entre ambos centros brasileños y el CIEMAT. Los contactos establecidos han puesto de manifiesto la necesidad de establecer una transmisión fluida de actividades tecnológicas entre países afines como España, al ser miembro de la Unión Europea, y América Latina.

Comité de Redacción

## Widening the Radiation Protection World



**11<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
CONGRESS  
OF THE INTERNATIONAL  
RADIATION  
PROTECTION  
ASSOCIATION**

May 23-28,  
2004 Madrid, Spain



**Technical Secretary:  
VIAJES MAPFRE CONGRESOS**

**IRPA '11**

Sor Angela de la Cruz, 6  
E-28020 Madrid (Spain)

Tel.: (34) 915 812 778

Fax: (34) 915 815 175

congresos.viajes@mapfre.com

www.irpa11.com

"El Parasol. Goya. Museo del Prado"

## XXIX Reunión Bienal Centenario de las Reales Sociedades de Física y Química



El presidente de la RSEF, Gerardo Delgado, y el vicepresidente de la SEPR, José Gutiérrez, sellan lazos de colaboración y hermanamiento de ambas Sociedades.

La celebración del Centenario de las Reales Sociedades de Física y Química (ya comentado anteriormente en esta revista) ha tenido su culminación, la semana del 7 al 11 de julio, en el Palacio de Congresos de Madrid.

Inaugurada oficialmente por su Alteza Real el Príncipe de Asturias y contando con la presencia de numerosos Premios Nobel de Física y de Química y de otras relevantes personalidades científicas españolas y extranjeras, en conferencias magistrales y mesas redondas, la XXIX Bienal Centenario ha trascendido ampliamente a los medios de comunicación, con el mensaje fundamental, a transmitir a la sociedad, de la importancia de la ciencia en la actualidad y de la imperiosa necesidad de mejorar una enseñanza motivadora de la misma en nuestro país.

Reiteradamente, tanto en el acto inaugural como en otras comunicaciones, los profesores Gerardo Delgado Barrio, presidente de la RSEF, y Luis Oro, de la RSEQ, pusieron de manifiesto entre otros conceptos: 1) Que la ciencia forma parte de la cultura, afirmación que aunque parece obvia aún no lo es en la sociedad española. 2) Que los continuos

avances científicos plantean nuevos aspectos de la ética, por lo que es necesario que el ciudadano del siglo XXI tenga un conocimiento más amplio de la ciencia para ser "libre" y poder opinar adecuadamente. 3) En nuestro ámbito, la ciencia necesita apoyo de la sociedad y de las autoridades si se quiere que España ocupe el lugar que le corresponde por su potencial económico.

4) Es preciso reincorporar a los jóvenes españoles, con gran formación científica, mediante programas similares al actual Ramón y Cajal. 5) La enseñanza secundaria de materias como la física y la química requiere el desarrollo de mejores programas y prácticas de laboratorio, que promuevan o despierten vocaciones de los investigadores del futuro.

Análisis presentado recientemente por las sociedades científicas, y cuyo documento fue aprobado por el Senado en junio de este año. Se destacó asimismo, por parte de ambos presidentes, el gran crecimiento, en cantidad e impacto internacional, de la ciencia española en los últimos años, por lo que, ahora más que nunca, resulta imprescindible el apoyo político y económico que permita no sólo mantener sino mejorar este nivel.

El prof. Delgado, quien subrayó la importancia de la física en el siglo XX, recordó la decisión internacional de convertir el año 2005 en el año mundial de la física, y aprovechó el momento para invitar a otras sociedades científicas, entre las que incluyó a la SEPR y la SEFM, a avanzar juntos y abrir líneas de colaboración.

En su intervención, el presidente del CSIC, Emilio Lora, destacó la buena relación mantenida por éste, desde un principio, con las RSEF y la RSEQ así como que las dos vertientes vivas de dicho centro, la investigación básica y la aplicada, continúen conviviendo en el marco de una buena calidad. Resaltó también el interés de no sólo mantener sino hacer crecer a la institución de carácter multidisciplinar que preside y en estrecha relación con universidades, industria y entidades científicas relevantes, nacionales y extranjeras.

Su Alteza Real el Príncipe destacó claramente en su discurso la necesidad del continuo desarrollo tecnológico, promovido por los incesantes descubrimientos científicos, en el que se ve inmersa nuestra sociedad, sin el cual no seremos capaces de afrontar el necesario crecimiento socioeconómico que nos sitúe, adecuadamente, en un concierto nacional esencialmente globalizado, difícilmente posible sin el desarrollo de las tecnologías de la información, producto de muchos años de esfuerzo de físicos e ingenieros, de la misma forma que el esfuerzo conjunto de químicos, biólogos y médicos ha abierto tantas esperanzas en el futuro de la medicina y de la producción agroalimentaria.

El cambio continuo, dijo Su Alteza el Príncipe Don Felipe, nos lleva hacia la pluridisciplinariedad. Las fronteras clásicas entre la química, la física, la biología, etc. se vuelven difusas y se requiere una fecundación mutua entre materias. Únicamente los países con una infraestructura de investigación básica y aplicada estarán en condiciones de innovar, ámbito en el que Europa está claramente por detrás de EEUU y Japón. Don Felipe invitó a las sociedades científicas, como las de Física y Química, a colaborar, junto con los medios de comunicación, en la resolución de este problema. S.A.R. acabó su intervención invitando a construir una sociedad no "científicamente analfabeta", constituida por ciudadanos con cultura científica adecuada, para lo cual es fundamental la formación de los jóvenes con unos planes de enseñanza secundaria vivos, que despierten su interés. Al fin del acto, S.A.R. conversó ampliamente con los dos presidentes y las eminentes personalidades científicas asistentes al mismo.

Una vez inaugurada la Bienal, tuvo lugar, en la Fundación Ramón Areces, una interesante Mesa Redonda presidida por Federico Mayor Zaragoza, cuyos ponentes fueron los Premios Nobel invitados, para debatir sobre "Fronteras de la Física y la Química".

Diecisiete conferencias magistrales, impartidas a lo largo de la semana por



relevantes científicos: los prof. Ernst, Kroto y Lehn, Premios Nobel de Química; Cohen-Tannoudji, Veltman y Cornell de Física; el físico Manuel Cardona, Premio Príncipe de Asturias; M. Huber y M. Sarachik, respectivos presidentes de la Sociedad Europea y Americana de Física; A. Corma, Premio Dupont, y otros eminentes científicos: los prof. Mc Donald, Roso, Díaz, Schuller, Senger y W. Ockels, mostraron al auditorio temas de actualidad y perspectivas futuras de la física y la química: relación ciencia y sociedad, la física espacial, el nanospacio, catálisis, cambios globales, etc.

A destacar también una serie de mesas redondas, en el ámbito de la física, con títulos tales como: "Física Médica" -con la participación de D. P. Galán, presidente de la SEFM, y los presidentes de las Comisiones de Docencia (Dra. Eudaldo), de Relaciones con América Latina (prof. Peña) y Deontología (Dra. López Franco)- y otros tan de sugerente actualidad como: "Mujer y Ciencia" y "Acústica Ambiental y Unión Europea".

Una serie de simposios sobre materias diversas: Enseñanza de la Física, Física de las Ciencias de la Vida, Física de la Tierra y Medio Ambiente, por citar algunos, así como numerosas comunicaciones orales y escritas y reuniones de Grupos Especializados completaron el denso contenido de este interesante evento.

*Comité de Redacción*

## II Conferencia internacional de formación en protección radiológica. Estrategias de futuro

**17-19 de septiembre de 2003. Madrid, España.**

La seguridad en el uso de las radiaciones ionizantes y la protección ante los riesgos potenciales, debidos a la exposición a fuentes de radiación, no son conceptos estáticos; su evolución corre paralela a un mejor conocimiento de las



*De izquierda a derecha A. Alonso, A. Colino, C. Dopazo y C. Martínez Ten, durante la apertura de las jornadas sobre formación en protección radiológica.*

tecnologías empleadas y de los fenómenos básicos. La educación y capacitación, unidas sustancialmente a la investigación, transmiten los avances alcanzados al grupo de científicos y profesionales que utilizan radiaciones ionizantes.

La formación en protección radiológica (PR) se considera hoy en día la mejor forma de promover la cultura de la seguridad y mejorar la competencia de los trabajadores expuestos. El progreso en la enseñanza y la capacitación en PR, como parte de la transferencia de tecnología y de conocimientos especializados, son temas en continuo movimiento.

La primera conferencia sobre formación en Protección Radiológica celebrada en Saclay (Francia), bajo el lema "Radiation Protection: What are the Future Training Needs?" supuso la primera reunión destinada al colectivo de profesionales, de diferentes disciplinas científicas y tecnológicas, relacionados de alguna manera con la formación en protección radiológica.

Esta primera conferencia constituyó un foro de discusión e intercambio de ideas dentro del marco global de los problemas asociados a la formación en protección radiológica. El eje principal lo constituyó la implementación de las "Basic Safety Standards" en los programas mencionados.

Durante la conferencia se realizó un análisis exhaustivo sobre la educación y capacitación en PR en los distintos países, así como sobre el establecimiento de responsabilida-

des y competencias en función de los riesgos asociados a las prácticas. Pero aún hoy, transcurridos cuatro años, nos preguntamos si están definidas de manera compatible.

Esta segunda conferencia de Madrid se presenta con el objetivo de analizar los resultados y discutir las futuras estrategias en el entorno europeo, como una continuación de la celebrada en Saclay.

En este sentido, habrá que tener en cuenta algunas entradas novedosas al sistema:

- La entrada en vigor del VI Programa Marco en el que se potencian todos los aspectos relacionados con la enseñanza. Dentro del ámbito de las políticas comunitarias, la educación y formación en PR en los campos de la salud, la energía y el medio ambiente se contempla como un área integral, y como tal, debe contribuir a la creación del espacio europeo de la investigación.
- La UE ha realizado un interesante trabajo sobre la situación del experto cualificado en PR en los diferentes países miembros. Este trabajo es un avance



*Asistentes a las Conferencias.*

importante en las tareas de armonización, y se presenta a lo largo de la conferencia.

- Avances en la incorporación de nuevas tecnologías como herramientas didácticas en el desarrollo de cursos especializados y en la preparación de materiales docentes audiovisuales. Sin embargo, estas aplicaciones son muy costosas en recursos, por lo que será necesario optimizar esfuerzos, trabajar en grupo y potenciar la aparición de redes nacionales y supranacionales en las que los esfuerzos se sumen.

- En la conferencia los representantes de la UE presentarán la plataforma de formación en PR europea, en la que se prevé que todos los sectores estén contemplados.

Desde este marco, los organizadores damos la bienvenida a todos los participantes que integran un total de 20 países, especialmente a nuestros colegas latinoamericanos que han realizado un gran esfuerzo para participar en esta conferencia, quizá la única que se haga en nuestro común idioma.

Finalmente, desde estas líneas, invito a todos a realizar ese esfuerzo necesario para que la información y la formación lleguen de una manera sencilla, pero al mismo tiempo eficaz.

*Marisa Marco  
CIEMAT*

## Incidentes con fuentes radiactivas

En los últimos meses en España se han producido varios incidentes radiológicos relacionados con la detección de fuentes radiactivas incontroladas.

El primero de estos casos se produjo en julio del presente año cuando se descubrieron en una empresa de reciclaje de embalajes de San Fernando de Henares (Madrid) unos contenedores de blindaje no deteriorados que contenían unas fuentes de kriptón 85. Estos embalajes llevaban una etiqueta de material radiactivo, por lo que pudieron ser identificados por parte de la empresa, que lo

notificó al Ayuntamiento y al CSN, que envió a personal experto que analizó el contenido de los embalajes y lo puso en conocimiento de ENRESA, quien se encargó de retirar dichas fuentes.

Un segundo suceso ocurrió en una chatarrería de Gijón (Asturias), en la que el pasado mes de agosto se trituró una fuente de cesio-137, cuyo origen se desconocía y que se encontraba entre la chatarra que se reciclaba. Esto provocó la contaminación del resto de materiales que se estaban triturando, aproximadamente, unas 200 toneladas de chatarra.

El siguiente suceso se produjo también el pasado agosto en el Valle de Trápaga (Vizcaya), cuando se detectó material radiactivo en un camión de chatarra a su paso a través del pórtico de una fábrica de chatarra. El resultado del análisis radiológico del contenido del camión permitió detectar una fuente de radiación de 1,2 Sv/h en contacto que fue retirada por ENRESA.

Por último, en el mes de septiembre se detectó la presencia de material radiactivo en una acería de Sestao (Vizcaya), al producirse el aviso del pórtico de control a la salida de un camión cargado con polvo de humo. Los inspectores del CSN han identificado una fuente de cesio-137 como la causante de la contaminación radiactiva y se ha desarrollado un plan de limpieza y recuperación de la instalación.

En ninguno de los casos anteriores se ha producido la contaminación interna del personal involucrado, lo cual se ha podido comprobar a partir de la medición de dichas personas en los contadores de radiación corporal.

Fuente: página electrónica del CSN ([www.csn.es](http://www.csn.es))

*Comité de Redacción*

## Protocolo para la Calibración y el uso de Activímetros

En mayo de 2002 se constituyó un grupo de trabajo formado por representantes y miembros de diversas Sociedades (SEFM, SEPR, SERFA y

SEMN) y coordinado por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT con el fin de elaborar un Protocolo para la calibración y el uso de activímetros. Este protocolo, que pretende ser una ayuda para los usuarios y una herramienta que facilite la calibración de los equipos, acaba de ser publicado por el CIEMAT y enviado a las Sociedades mencionadas para su distribución. Conjuntamente con él se ha desarrollado una hoja de cálculo que facilita su aplicación.

Los autores agradecerán cualquier comentario o sugerencia que pueda repercutir en su mejora en posteriores ediciones.

*Eduardo García Torañó  
Coordinador del Grupo de Trabajo*

## Jornada Inaugural PET-CT

La PET-CT (sistema dual Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computerizada) constituye uno de los adelantos más relevantes en el campo del diagnóstico oncológico. La experiencia de diversos grupos a escala internacional fue expuesta en la Jornada Inaugural del primer equipo instalado en nuestra Comunidad (y en España), en el Hospital Universitario La Paz de Madrid. Los expertos en esta técnica revisaron la creciente y rápida expansión de la PET-CT tanto en Europa como en EE.UU., así como las indicaciones clínicas más importantes en la actualidad.

La Jornada inaugural, celebrada el pasado 25 de septiembre en el Hospital La Paz, constó de dos mesas redondas. En la primera se analizaron las ventajas de los sistemas combinados PET-CT frente al uso separado de ambas técnicas (Profesor von Schulthess), así como la experiencia PET-CT en EE.UU. (Dr. R. Wahl) y la utilidad de esta técnica en el campo de la hematología (Dr. Fanti). En la segunda mesa redonda, el profesor J.L. Carreras expuso el estado actual de los equipos PET en nuestro país, y se hizo especial hincapié en el protocolo de uso tutelado para la PET en

Andalucía (Dra. Borrego) y en la Comunidad Autónoma de Madrid. Por último, pudimos escuchar las perspectivas futuras en el campo de la Medicina Nuclear en la conferencia de Imagen Molecular impartida por GE.

*Dra. Mónica Coronado Poggio  
Servicio de Medicina Nuclear  
Hospital Universitario La Paz*

## Plan de Acción Internacional sobre Protección Radiológica de los Pacientes

La presentación del "Plan de Acción Internacional sobre la Protección Radiológica de los Pacientes" ha tenido lugar, el pasado mes de junio, en una Sesión del XIV Congreso de la SEFM celebrado en Vigo, presidida por el secretario general de Sanidad, Rafael Pérez Santamaría-Feijoo, en la que Pedro Ortiz hizo una detallada exposición del tema como representante del OIEA.

El Plan de Acción del Organismo Internacional de Energía Atómica, que ha sido elaborado en consulta con la Organización Panamericana de la Salud, la OMS y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR), con la colaboración de otros organismos y asociaciones de relevancia internacional al respecto, está basado en las recomendaciones de la Conferencia internacional sobre Protección radiológica de los pacientes celebrada en Málaga, en 2001.

En la conferencia se destacaron, entre otros, los siguientes aspectos:

Las aplicaciones médicas de las radiaciones son una de las mayores fuentes de exposición artificial (UNSCEAR 2000).

La CIPR incide en la posibilidad de reducir dosis en diagnóstico mediante medidas sencillas y económicas, sin pérdida de información, si bien algunos de los nuevos procedimientos conllevan dosis relativamente altas para los pacientes y hay que tener en cuenta las radiaciones notificadas debidas a procedimientos

de intervención y accidentes en radioterapia, por lo que es preciso realizar un esfuerzo para mejorar la PR en estos campos, lo que se hace extensivo a medicina nuclear.

Dentro del programa principal 2: "Técnicas nucleares para el desarrollo y la protección ambiental", el OIEA aporta una contribución importante al empleo de las radiaciones en medicina, y a través de su programa 3: "Seguridad nuclear y protección contra las radiaciones", se han creado normas de seguridad y actividades para el desarrollo de su aplicación.

Como bases del Plan de Acción del Plan se citan:

La necesidad de reforzar la PR de los pacientes, el aprovechamiento de las actividades en curso y de los documentos existentes y el desarrollo de iniciativas para aplicar las recomendaciones de la Conferencia de Málaga.

Se han definido medidas comunes aplicables a radiología intervencionista, radioterapia y medicina nuclear, así como medidas específicas, y se ha desarrollado un segundo nivel de clasificación bajo los subtítulos de: enseñanza y capacitación, intercambio de información, evaluaciones y otros servicios, asistencia y orientaciones e investigaciones coordinadas.

Dentro de las medidas comunes se resume:

Los programas de enseñanza y capacitación deben ser específicos de cada especialidad o tipo de trabajo, con material didáctico traducido a diferentes idiomas. Debe ultimarse el programa de estudio normalizado y adiestrar a los instructores que participan en los programas nacionales de capacitación. El programa de radiofísica médica del Organismo, debe ser revisado por organismos competentes con publicación de resultados.

Implementar el uso adecuado de nuevas tecnologías de información y enseñanza a distancia.

Aumentar el intercambio de información relativa a la PR de pacientes y utilizar el sistema internacional de notificación del Organismo sobre sucesos radiológicos anómalos (RADEV) para re-

copilar datos y difundir "lecciones aprendidas".

Promover el reconocimiento de físicos médicos responsables al respecto como profesionales de la salud y la capacitación de tecnólogos.

Continuar con la mejora del programa en radioterapia relativo a: dosimetría, auditorías y capacitación, y hacerlo extensivo a radiología del diagnóstico y medicina nuclear.

Concluir los proyectos de orientación sobre prácticas específicas e incluir a donantes, receptores y ONGs.

La conferencia se cerró tratando los "aspectos específicos" en:

Radiología de diagnóstico e intervención: Capacitación en optimización de dosis para tecnología convencional y digital, TC, protocolos de pediatría, niveles de referencia locales, evaluación de infraestructura, consultas con fabricantes y expertos para normalizar, visualizar y registrar datos de dosis, coordinación de la investigación de niveles de referencia en radiología de intervencionismo.

Medicina nuclear: Promoción en países en desarrollo (capacitación y difusión) de normas, directrices de programas de garantía de calidad.

Concluir el documento de control de calidad en equipos PET.

Radioterapia: Mantener el Directorio de Centros de Radioterapia (DIRAC), dar seguimiento a resultados anómalos de servicios postales, mejorar y difundir códigos de práctica en dosimetría, orientar en la puesta en servicio de nuevos equipos y accesorios así como sobre la GC en su conjunto. Avanzar en la investigación sobre métodos biológicos de evaluación de dosis absorbidas.

La constitución del Comité de Seguimiento del Plan de Acción de Protección Radiológica del Paciente tendrá lugar el día 19 de enero de 2004. La Sesión Constitutiva estará presidida por la ministra de Sanidad y Consumo, Ana Pastor Julián, y a continuación de la misma tendrá lugar la primera reunión del Comité, que concluirá el día 21 de enero.

*Comité de Redacción*

# NOTICIAS

de l

# MUNDO

## A la Memoria del Dr. Dan Beninson



Dan Beninson (derecha) y David Cancio.

Tras conocer la triste noticia de su súbita muerte, muchas personas en el mundo se han conmovido y han enviado mensajes expresando su tristeza. Ello es mucho más evidente entre quienes nos hemos formado teniéndole como jefe cuando éramos muy jóvenes. Su desaparición ha hecho que nos comunicáramos entre todos los que compartimos una época brillante de nuestras vidas como no lo hacíamos en mucho tiempo.

Este breve texto, que tiene un elevado componente personal, no puede por menos que reflejar, de algún modo, sentimientos y pareceres de otros muchos compañeros, tanto de la SEPR, como de otras muchas organizaciones y colectivos de ámbito nacional e internacional. Muchos de los que hoy significan algo en el mundo de la protección radiológica y especialmente los que fuimos sus discípulos directos lo reconocemos como el GRAN MAESTRO.

En estos momentos esos mensajes de congoja por la muerte de Dan, el "Gordo" como le llamábamos sus discípulos directos, hacen que nos sintamos más acompañados ante la mala noticia y, al mismo tiempo, orgullosos de haber pertenecido a una "escuela" de profesionales que ha trascendido al propio país argentino. El destino ha querido que, por diversas circunstancias, varios de los miembros de la misma pertenecemos a una diáspora repartida por el mundo.

Uniendo los mensajes que he recibido personalmente a los más numerosos recibidos por Abel González, creo que la mejor glosa a Dan la están haciendo los más importantes científicos y muchos otros amigos de todo el mundo. No puedo menos que compartir esos mensajes que reflejan los míos propios. Por ello transcribiré aquí algunas partes de los mismos, aunque por razones de síntesis no puedo incluir los innumerables mensajes y anécdotas de los colegas de Argentina, que creo serán reunidos en la próxima edición de la revista de su Sociedad de Radioprotección. Soy consciente de que lo que incluyo es incompleto, resumido y no refleja tampoco la gran variedad y profundidad de sentimientos recogidos en los mensajes verbales recibidos de muchos colegas españoles. Desde ya pido disculpas por ello.

La primera noticia que recibí fue el mismo día de su muerte el 21 de agosto, en la cual se informaba del deceso a los que somos actuales miembros del Consejo Ejecutivo de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), y desde entonces no hemos dejado de ver mensajes muy sentidos y elocuentes. He aquí una muestra:

"Tengo un gran respeto por su trabajo y ahora estaremos algo huérfanos sin él. Dan fue quien me introdujo en el mundo internacional cuando era secretario de UNSCEAR y luego también a la ICRP".

(Geoff Webb-Gran Bretaña, presidente de IRPA).

"Dan fue un maestro para todos nosotros. Aprendí las claves básicas de la protección oyéndole en conferencias y leyendo sus artículos. Tengo una deuda con él ya que fue uno de los primeros en acercarse a mí para que yo ingresara en la ICRP". (Jacques Lochard-Francia, miembro ejecutivo de IRPA).

"Como muchos de nuestros colegas, yo aprecié muchísimo los tiempos maravillosos que pase junto a Dan. Él era sagaz, generoso, ingenioso, agudo, chistoso, ocurrente y un verdadero amigo de incontables personas de todo el mundo. Siendo una persona tan eminente, él siempre tenía tiempo para charlar con todos. Lo vamos a extrañar muchísimo". (Jack Valentin, Suecia, miembro del Consejo de IRPA y secretario científico de la ICRP).

"Es para mí un ejemplo a seguir en todos los aspectos, tanto científicos como humanos, y compartí con él muchos momentos clave dentro de mi trayectoria en la protección radiológica. Subyacen los recuerdos de sus visitas a Madrid, al Congreso de Salamanca, el de Goiania, los de IRPA, reuniones en Madrid... Siempre me dejó una huella en el corazón". (Leopoldo Arranz, España, vicepresidente IRPA, presidente IRPA-11).

"Todos los miembros de la amplia familia de la protección radiológica nos sentimos un poco huérfanos, pero muy particularmente aquellos que compartimos la lengua, la cultura y los modos de hacer que él tanto impulsó. Descanse en paz nuestro maestro y buen amigo". (Pedro Carboneras, España, presidente de la SEPR).

"Me uno a tus sentimientos sobre Dan, excelente científico y sobre todo amigo y buena persona. Al final queda su magisterio, su ciencia y su humanidad". (Prof. Agustín Alonso, España).

"Al igual que la mayoría de nuestros colegas, creo que Dan ha sido una pieza clave en nuestra profesión, y que el

resultado de sus trabajos directos y de los que él dirigió a otros nos ha facilitado la labor a los que nos hemos adentrado en esto de la Protección después de él". (Eugenio Gil, España).

"He tenido la suerte de compartir muchos momentos entrañables con Dan y de aprender de su enorme valía científica. Fue un gran amigo". (Javier Reig, España).

"Dan era un hombre totalmente bueno, totalmente honrado, totalmente inteligente, totalmente lógico... totalmente... nuestro. Dan fue para mí un amigo: uno de esos que sabe cuándo realmente necesitas ayuda. En el campo profesional, Dan fue un precursor, un líder nacional e internacional. Lo conocí en Salamanca en la Conferencia de la Sociedad Española. Compartimos una mesa redonda sobre la Publicación 60 de la ICRP. Él era el presidente de la ICRP y yo estaba 'aterrizando' en el campo de la protección radiológica. Él me trató como su 'igual', pero yo era consciente de que, mientras yo estaba en el primer peldaño, él ya había llegado a las alturas. Luego él devino 'mi' presidente en el Comité 4 de la ICRP, un presidente cuya característica fundamental era la rigurosidad y lógica absoluta de razonamiento, además de su habilidad para usar todo el tiempo que fuera necesario para explicar la evolución de cada concepto. Como presidente del Comité del Programa para IRPA 11, organizaré un tributo especial a la memoria de Dan.". (Annie Sugier, Francia, presidenta de IRPA-11).

"Sin Beninson ahora el mundo es seguramente diferente". (Tony Wrixon, Gran Bretaña, jefe Sección Protección Radiológica del OIEA).

"Yo he apreciado muchísimo de las interacciones que tuve con Dan desde que lo conocí en los últimos años de la década de los 70. Su conocimiento y honestidad intelectual nunca dejaron de impresionarme y me considero afortunado de haber podido trabajar con él. Lo más importante para mí fue que él era muy apreciado por mi familia". (Richard Osborne, Canadá).

"Dan vivirá en nuestra memoria: sus muchos y significativos logros, en particular su contribución clave en el desarrollo y evolución del sistema internacional de protección radiológica, no serán olvidados". (Sigur\_ur M. Magnússon, Islandia).

"Dan fue uno de los grandes héroes del ICRP y de UNSCEAR. En las reuniones de esos cuerpos yo pude admirar su pensamiento claro, conceptual y analítico, y también su habilidad innata para expresar situaciones complejas de una manera fácilmente entendible. Su conocimiento general y su naturaleza cosmopolita siempre me sorprendieron. Todos extrañaremos su sesudo asesoramiento y también su humor, y lo recordaremos como un grande". (Prof. Christian Streffer, Alemania).

"La muerte de Dan me ha dejado muy pero muy triste; ésta es una gran pérdida para todos nosotros. Su rol en UNSCEAR fue particularmente importante para mí. Él hizo tanto por mí en el ámbito personal que pocos pueden imaginarlo. Fue muy, pero muy gentil conmigo, se tomaba su tiempo con cada uno que conocía, su naturaleza amistosa fue realmente única. Yo fui uno de los muchos que experimentaron su ingeniosa y a la vez cálida personalidad y, realmente, lo admiré y respeté muchísimo. Sus contribuciones a la protección radiológica internacional fueron enormes". (Burton Bennett, Estados Unidos de América, ex secretario científico de UNSCEAR).

"Yo quisiera compartir mi luto por la pérdida de Dan, nuestro gran colega, amigo y MAESTRO (así, con mayúsculas). Tal como lo hicieron muchos de mis colegas de la antigua Unión Soviética y de la Rusia de hoy, yo descubrí en Dan a una persona extremadamente benevolente, que simpatizaba con todos nuestros colegas. Como buen ruso, no puedo olvidar las particulares destrezas de Dan en el ajedrez, del que fue maestro campeón de las Naciones Unidas, e imbatible para mis compatriotas, particularmente en el ajedrez 'ping-pong'. Él siempre tenía buenos deseos y buenas palabras para sus colegas. Nosotros vamos siempre a recordar a Dan y a man-

tenerlo en nuestros corazones". (Rudolf Alexakhin, Federación Rusa).

"Dan fue uno de mis mejores amigos. Lo conocí por vez primera en la reunión de UNSCEAR en 1964. (Mucha agua ha corrido bajo el puente desde entonces, pero para mí parece ayer). Desde entonces siempre estuve impresionado por su brillante inteligencia y por su humanidad. En la ICRP, compartimos una larga fracción de nuestra existencia". (Prof. Julian Liniecki, Polonia).

"Yo me siento profundamente acongojado por la muerte de Dan. Él fue un destacado científico que contribuyó en gran medida al desarrollo de la protección radiológica en el mundo. Pero también fue un gran amigo de la comunidad china de protección radiológica. Visitó la República Popular China en varias oportunidades y ayudó muchísimo al avance de esta disciplina y apoyó su desarrollo posterior. En este tiempo de dolor, y en representación de la comunidad china de protección radiológica y seguridad nuclear, quiero compartir nuestras condolencias con todo mi corazón". (Pan Z Qiang, República Popular China).

"Yo sólo puedo decir que fui privilegiado de conocer a tan grande hombre. Creo que fue la persona más inteligente con que tuve trato en mi vida, y además una persona nobilísima". (David Sowby, Irlanda, ex secretario científico de la ICRP).

"Yo aprecié a Dan muchísimo y me encantaba trabajar con él... ¡y también aprender de él!. La comunidad internacional va a extrañar su gran sabiduría y experiencia". (Istvan Turai, Hungría).

"Dan fue una parte significativa de la escena vienesa y, durante los últimos 40 años, yo llegué a conocerle muy bien y a quererlo mucho. Con su clásica informalidad, él, como presidente de la ICRP, anunció en la Ópera de Sydney (desbordada de colegas) ¡que lo importante de ese día no sólo era el 60 Aniversario de la ICRP sino también que era el cumpleaños 60 de Bob Fry! La última ocasión en la que trabajé

profesionalmente con él fue durante el monumental estudio de los atolones de Mururoa y Fangataufa. Todos deberían saber que en este remoto rincón del mundo, en Australia, se le tenía en alta estima y se le extrañará muchísimo". (Robert Fry, Australia).

"Aquí en India estamos dolidos de haberlos enterado de la muerte de Dan Beninson. Vamos a extrañarlo durante la próxima reunión de la ICRP en Buenos Aires. Siempre lo vamos a recordar con afecto y admiración". (A. S. Pradhan, Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India).

"¡Oh, Dios mío! Él, que siempre fue tan cariñoso y amable con todos, se ha ido. Yo me siento afortunado de haberlo podido conocer. Aprendí mucho de su sabiduría. Tenía la rara habilidad de decir mucho en pocas palabras. Es una gran pérdida para el sentido común y la racionalidad". (de Moshe Keren, Ministry of the Environment, Israel).

"Estoy emocionado por la noticia del fallecimiento del papá Dan Beninson. Para nosotros, que le conocimos hace cuarenta años, que vivimos su obra y su importancia, sentimos que la importancia de su vida dedicada a la radioprotección vivirá porque quedará registrada en la historia. Él fue uno de los más grandes nombres de la protección radiológica y dejó importantes trabajos de interpretación de conceptos y principios. Su nombre nunca será olvidado". (José Julio Rozental, Brasil).

"Recuerdo a Dan como alguien que siempre estaba interesado en nuevas ideas. Nunca me voy a olvidar de los muchos debates científicos durante los cuales pensábamos que estaba dormido; cuando creíamos que habíamos concluido la discusión, se despertaba raudamente y nos daba la opinión final de todo lo que habíamos discutido: en ese momento nos dábamos cuenta de que en su ensueño él en realidad no se había perdido nada del debate. Personalmente, siento que he perdido entre mis amigos a aquel de la mente más talentosa y abierta". (Robert Hock, Alemania).

"En un momento sensible para los radioproteccionistas, me ha correspondido enviar un mensaje para que los ex alumnos del Curso de Postgrado en Protección Radiológica nos reunamos a conmemorar nuestro paso por Argentina como alumnos de ese curso. Lamentablemente, nuestro maestro, profesor, colega y amigo Dan no podrá estar con nosotros. Estoy convencido de que él se alegraría de vernos nuevamente reunidos". (Ing. Hugo A. Briso, Chile).

"Es imposible de creer que Dan no esté más con nosotros y no es posible de imaginar el futuro de la protección radiológica sin Dan. Él fue la personalidad de sabiduría natural en esta disciplina. Tenía un conocimiento vastísimo que fue crucial para resolver situaciones difíciles. No podemos olvidar su trabajo en Chernobyl, inmediatamente después del accidente, cuando proveyó generosamente sus conocimientos y experiencia, brindó asesoramiento y se involucró directamente en misiones de campo, en un momento en el que la situación en la ex Unión Soviética era muy problemática. Su ayuda fue extremadamente importante y salvó a Rusia de cometer innumerables errores. La memoria de Dan estará siempre con nosotros". (Leonid Ilyin y Angelina Guskova, Federación Rusa).

Habiendo sido un amigo cercano de Dan durante los últimos 47 años, su pérdida es para mí un golpe severo, equivalente a perder una parte esencial de mí mismo". (Prof. Bo Lindell, Suecia, íntimo amigo y colega de Dan, ex presidente de la ICRP).

"Yo espero que haya un paraíso donde Dan pueda ver a Ambretta nuevamente" (se refiere a la esposa de Dan)". (Waltraud Holzer, Austria, ex oficial administrativo de UNSCEAR, amiga y confidente de Dan, a quien agasajó con su última cena en Viena).

Creo que esta muestra, aunque abreviada, dice mucho más que todas las palabras que yo pudiera esbozar, y reitero que este conjunto es incompleto ya que siguen llegando muestras de tristeza de todo el mundo.

Dan supo transmitir, a escala internacional, su saber inteligente, y a muchos nos introdujo en el mundo científico exterior cuando éramos muy jóvenes, lo cual nos permitió alternar junto a él con las personas ilustres de la protección a las cuales sólo conocíamos hasta ese momento por sus publicaciones.

Dan ha sido un admirador de España y un buen amigo de muchos colegas españoles. Recuerdo que solía decirme lo positivo del cambio que se había producido en el país con respecto al que él había conocido en otras épocas no muy lejanas. Me consta también que al regresar desde España siempre transmitía unos comentarios elogiosos sobre sus paisajes, sus gentes y, como buen gourmet, su gastronomía. No dejaba tampoco de mencionar el avance importante de la SEPR.

Quisiera finalizar recordando que tuve la oportunidad de compartir una tarde con Dan, a finales de julio pasado, en una charla que resultó ser la última ya que tres semanas después dejaría este mundo. En esa reunión, tuve la oportunidad de intercambiar con él algunas cuestiones del presente de la radioprotección y también algunas anécdotas del pasado. Precisamente recordé y comenté con él que para mí, además de maestro en lo científico, fue un excelente guía y un infatigable caminante. Su capacidad para recorrer las calles del mundo contrasta con sus últimos años en que ocurría lo contrario, debido a su recurrente diabetes. En mis comienzos profesionales, durante la asistencia a los primeros congresos y reuniones, ha sido Dan quien me hizo conocer ciudades: Santiago de Chile, Nueva York, Viena, París, además de muchas otras argentinas que recorrimos en su compañía. Continuábamos las tertulias hasta altas horas mientras, según su costumbre, bebía vasos grandes, muy grandes de agua e incontables tazas, también dobles, de café. Mis conocimientos de la comida japonesa, hindú, etc. comenzaron con él así como mi primer vuelo en avión y también fue por su invitación que fumé mi primer habano.

Así prefiero recordarte, Dan, además del Gran Maestro, como buen guía, pero sobre todo con una vitalidad incomparable en las veladas y recorridos por el mundo. Ahora liberado de males humanos, tal vez puedas darte otra vez ese gusto y te aseguro que sigues vivo entre tus colegas y amigos, y seguirás presente porque... te seguiremos recordando.

David Cancio  
12 de septiembre de 2003

## Conferencia Internacional sobre las Infraestructuras Nacionales para la Seguridad en la Utilización de las Radiaciones

Del uno al cinco del pasado septiembre se celebró en Rabat, Marruecos, la Conferencia Internacional sobre las infraestructuras nacionales para la seguridad radiológica, o seguridad en el manejo de la radiación, que incluía el ambicioso subtítulo "Hacia sistema eficaces y sostenibles". La conferencia estaba organizada por el Organismo Internacional de la Energía Atómica y contaba con la cooperación de la Organización Mundial de la Salud, la Oficina Internacional del Trabajo, la Comisión Europea y la Agencia de Energía Nuclear de la OECD. El Gobierno de Marruecos fue el anfitrión a través de la Universidad Mohammed V. Agdal.

La conferencia incluyó nueve sesiones técnicas, cinco mesas redondas, dos sesiones para las presentaciones escritas, además de la sesión de apertura, seguida de una interesante sesión sobre aspectos fundamentales, y la sesión de clausura, precedida de la presentación de las conclusiones y recomendaciones. La conferencia se organizó en el momento oportuno para poder discutir los logros alcanzados en los ya famosos Proyectos Modelo que ha desarrollado el OIEA con el objetivo de establecer en los países participantes, por lo general en vías de desarrollo, infra-

estructuras para el control seguro de los usos de la radiación. De hecho, por parte del Departamento de Estado del Gobierno de los EE.UU. se había invitado a representantes de los países no miembros del OIEA.

La conferencia llegó a cinco conclusiones fundamentales relacionadas con: el éxito de los Proyectos Modelo; la necesidad de que la ayuda del OIEA llegue a todos los países, sean o no miembros de la institución; la conveniencia actual de incluir la protección física de las instalaciones; la posibilidad de alcanzar la máxima eficacia y la sostenibilidad, y la importancia de crear una nueva estrategia para la educación y el entrenamiento en cuestiones de protección radiológica.

En su origen, los Proyectos Modelo que el OIEA ha llevado a cabo en países en vías de desarrollo pretendían cubrir, en un tiempo razonable, cinco objetivos fundamentales: 1) El establecimiento de un sistema regulador y legislativo. 2) El desarrollo de un sistema de control de las dosis recibidas por los trabajadores expuestos por razón de su profesión. 3) El control de las exposiciones médicas recibidas por pacientes y profesionales implicados. 4) La vigilancia de las exposiciones públicas incluyendo la gestión de los residuos radiactivos. 5) La creación de un sistema reglado y el desarrollo de las medidas de protección necesarias para casos de emergencia.

Aunque se afirmó que los Proyectos Modelo habían alcanzado "un éxito significativo" y que "había llegado el tiempo de las celebraciones", la verdad es que sólo los objetivos 1) y 2) han conseguido un grado de desarrollo apreciable, mientras que los otros, por lo general, han progresado muy poco.

Se esgrimieron muchas razones justificativas relacionadas con la falta de experiencia, recursos e infraestructuras en los países implicados. Pero la razón fundamental reside en las prioridades que deben establecer los países menos desarrollados para resolver sus problemas.

No puede ser prioritario el establecimiento de un organismo de control de las radiaciones ionizantes que sea competente, independiente y con recursos suficientes cuando tal organización no

existe, o está mal dotada, para resolver cuestiones básicas de higiene y de salud pública.

En todos los países se aceptan los usos médicos e industriales de la radiación, pero se entiende que, junto con los instrumentos y los protocolos incorporados, los países exportadores deben también suministrar los procedimientos de control y seguridad. Además, todos los países, incluso los más desarrollados, han pasado por las cinco etapas antes mencionadas y, todavía en algunos casos, no se han resuelto temas tan significativos como la gestión segura de todos los residuos radiactivos, el control de las fuentes huérfanas o los medios para hacer frente a emergencias radiológicas.

No obstante, se recomendó al OIEA que siga aplicando Proyectos Modelo allá donde sea necesario, haciendo óptimos los recursos disponibles e incorporando, en la medida de lo posible, tanto a Estados Miembros como a Estados que no sean miembros del Organismo. Se reconoció también, aunque no fuese igualmente entendido por todos los representantes de los distintos países, la importancia del terrorismo radiológico y se recomendó al OIEA que introdujese tal tema en su programa de asistencia a países en vías de desarrollo.

El OIEA está seriamente preocupado por crear en los países que se beneficiarían de los Proyectos Modelo infraestructuras de la protección contra las radiaciones ionizantes que sean, a la vez, eficaces y sostenibles. Se reconoció que las bases de tal desarrollo se encuentran en el conocimiento y la experiencia. Incluso se llegó a decir que "la infraestructura es sólo un marco para la cultura de la seguridad", que se consideró la meta a alcanzar. Pero no se dijo cómo es posible alcanzar tal estado, en un tiempo razonable, en los países en vías de desarrollo. Se reconoció que el OIEA, a través de sus documentos normativos, estaba eficazmente contribuyendo al establecimiento de tales infraestructuras eficaces y sostenibles, pero también se mencionó que la solución no estaba sólo en poseer las normas "sino en aplicarlas".

El OIEA ha desarrollado una actividad manifiesta en el tema de la educación y

el entrenamiento del personal implicado en el uso de las radiaciones ionizantes. Tal esfuerzo se ha concretado en guías y documentos técnicos, así como en material didáctico avanzado. Además, sus representantes afirmaron de forma vehemente que, a partir de ahora, el Organismo comenzará una fase más proactiva e introducirá el concepto de "entrenar al que entrena" para conseguir así un efecto multiplicativo. Estas afirmaciones fueron, por lo general, bien acogidas, si bien se manifestaron algunos reparos, en especial relacionados con el poco uso que se hace de las lenguas oficiales del OIEA en beneficio del idioma inglés. Por ello, se recomendó al Organismo la traducción a los idiomas oficiales de los documentos y materiales didácticos que ha desarrollado, incluyendo el Glosario sobre seguridad nuclear y protección radiológica (ver Radioprotección, 36, 10:73-4, 2003).

Como es costumbre, se espera que el OIEA analice en detalle las conclusiones y recomendaciones de la conferencia y establezca y ponga en marcha los Planes de Acción que procedan. Radioprotección, en la medida de sus posibilidades, mantendrá en este sentido una línea abierta de información.

*Comité de Redacción*

## Inauguración de la Universidad Nuclear Mundial

La Universidad Nuclear Mundial (WNU) ha sido inaugurada el pasado 4 de septiembre en Londres. Esta Universidad se ha creado gracias a una Fundación del mismo nombre que cuenta con financiación del OIEA (Organismo Internacional de la Energía Atómica), de la NEA/OCDE (Agencia de Energía Nuclear), de WANO (Asociación Mundial de Operadores Nucleares) y de WNA (Asociación Nuclear Mundial).

Su misión es potenciar a la comunidad internacional e instituciones en el desarrollo de la seguridad y utilización de la energía nuclear y de sus aplica-

ciones en la agricultura, medicina, nutrición, desarrollo industrial y protección medioambiental.

Esto se realiza a través de una red internacional que coordina, apoya y potencia las instituciones establecidas de enseñanza nuclear, promoviendo el rigor académico y la ética profesional en todas las fases de la actividad nuclear, desde la fabricación de combustible e isótopos hasta la fase de desmantelamiento y gestión de residuos.

La red de la WNU, presente en 30 países y coordinada desde pequeños centros, comprende universidades y centros de investigación con fuertes programas en ciencias nucleares e ingenie-

ría nuclear. En España el centro coordinador es la Universidad Politécnica de Madrid.

La función principal de la WNU será promover la cooperación entre las instituciones participantes, buscando sinergias y beneficios mutuos, estableciendo y reforzando estándares académicos. Uno de sus papeles principales será facilitar técnicas de enseñanza a distancia, para elaborar cursos disponibles para los estudiantes de las universidades e instituciones asociadas.

Referencia: <http://www.world-nuclear-university.org>

*Comité de Redacción*

## PUBLICACIONES

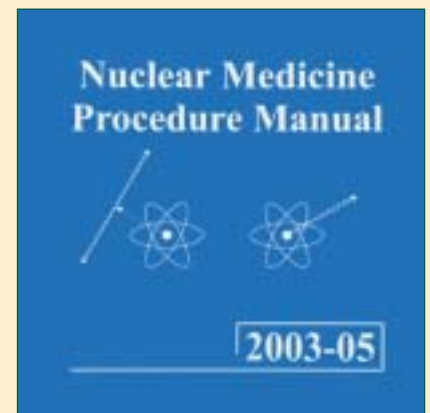
### Nuclear Medicine Procedure Manual 2003-05

**Wm. C. Klingsmith III, M.D. Editor, Clinical Studies; Dennis Eschima, Ph.D., Associate Editor, Radiopharmacy; John Goddard, Ph.D. Associate Editor, Medical Physics.**  
**Copyright 1990-2005 Wick publishing, Inc. Englewood, CO, USA.**  
**Edición 2003-05**

Este Manual presenta una serie de procedimientos de Medicina Nuclear así como aspectos de Radiofarmacia, control de calidad de los diferentes equipos y aspectos de regulación. En cada sección se incluye una amplia relación de referencias bibliográficas.

El Manual está dividido en varias secciones. La primera de ellas recoge aspectos generales sobre la realización de los diferentes estudios, control de calidad de los equipos y procedimientos de laboratorio.

El segundo apartado incluye una descripción detallada de las distintas pruebas diagnósticas de Medicina Nuclear incluyendo las indicaciones, preparación del paciente, equipos necesarios, radiofármaco empleado, dosis y forma de administración del mismo, posiciona-



miento del paciente, protocolo de adquisición de las imágenes y dosimetría. En esta sección se incluyen los últimos avances en diagnóstico relacionados con la técnica PET.

En tercer lugar, la sección de procedimientos terapéuticos, detallando en cada uno de ellos los diferentes aspectos a tener en cuenta como las indicaciones, preparación del paciente, restricciones post-tratamiento, radiofármacos empleados, dosis y técnica de administración, seguimiento, complicaciones y dosimetría. Las novedades en el aspecto terapéutico se centran en los anticuerpos monoclonales marcados con el emisor beta Y-90, efectivo en el tratamiento de linfomas de bajo grado de la serie B.



El cuarto apartado abarca los aspectos relacionados con Radiofarmacia con una descripción de los diferentes radiofármacos, que incluyen indicaciones, descripción del radionucleido, pureza radioquímica y radionucleídica, factores que afectan a su farmacocinética y el control de calidad correspondiente.

Y en último lugar, un apéndice en el que se hace referencia a otros procesos tanto terapéuticos como diagnósticos, unidades de radiación y terminología.

*Barbara Martínez de Miguel,  
Susana Palomares González,  
Dionisio Lasa Pérez  
Unidad de Radiofarmacia  
(Medicina Nuclear)  
Hospital Universitario La Paz*

### Security of radioactive sources

IAEA-TECDOC Series nº 1355. 2003



En publicaciones anteriores del OIEA se indicaban los requerimientos de seguridad generales para el material radiactivo no nuclear. Estos requerimientos han sido dirigidos principalmente a cuestiones como la exposición involuntaria a la

radiación, la negligencia y la pérdida inadvertida de fuentes. Sin embargo, está claro que un planteamiento es necesario no sólo intentar y prevenir los sucesos acontecidos que implican a fuentes huérfanas, sino también prevenir el intento deliberado de adquirir fuentes radiactivas para propósitos malévolos. Los Estados miembros han solicitado los planteamientos sobre el tipo y la naturaleza de las medidas de seguridad que deberían adoptarse y sobre la metodología a implementar sobre estas medidas. Estas solicitudes han sido indicadas en las conclusiones de la conferencia internacional sobre "La Seguridad de las Fuentes Radiactivas", que ha tenido lugar en marzo de 2003.

El asesoramiento práctico en la evaluación y la realización de las medidas de seguridad complementa los compromisos generales del código de conducta propuesto y revisado sobre la Seguridad de las Fuentes radiactivas". La Guía de seguridad titulada "Safety and Security of Radiation Sources", entre otras cosas, discute estas cuestiones. Sin embargo, está reconocido que debe existir una guía para poner en marcha las acciones apropiadas antes de que este documento se finalice para permitir a los Estados miembros poner en lugar acciones apropiadas y planear estas cuestiones. De ahí que el objetivo del documento sea proporcionar el asesoramiento sobre seguridad y permitir comentar recomendaciones detalladas para los niveles de seguridad sobre las fuentes radiactivas que pueden ser incorporadas dentro de la Guía de seguridad.

### Occupational radiation protection. Protecting workers against exposure to ionizing radiation

IAEA International Conference. Ginebra, 26-30 agosto 2002.

La exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes puede ocurrir en la industria, en la minería, en instituciones médicas, en investigación y docencia, y en las instalaciones del ciclo del com-



bustible nuclear. El término "exposición ocupacional" se refiere a la irradiación en el trabajador que es atribuible a la ocupación propia del trabajador y recibida durante el periodo de trabajo. Según el último Informe (2000) de las Naciones Unidas, el Comité Científico contra los Efectos de Radiación Atómica (UNSCEAR), ha estimado que once millones de trabajadores de todo el mundo pueden estar expuestos a radiaciones ionizantes. Estas exposiciones incurren en dosis de radiación que van desde una pequeña fracción de la exposición global media de fondo a la radiación natural hasta varias veces aquel valor.

Las Normas Internacionales Básicas de seguridad para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de fuentes de radiación (BSS) son elaboradas por el OIEA, la Organización Internacional de Trabajo, la OCDE, la Agencia de Energía Nuclear (OECD/NEA) y la Organización Mundial de la Salud, que establece un sistema de protección de la radiación, siendo las provisiones para la exposición ocupacional un componente sustancial. Estas normas proporcionan la dirección que apoya las exigencias para la protección ocupacional en tres Guías de seguridad, conjuntamente patrocinadas por el OIEA y la Organización Internacional del Trabajo, las implicaciones de sus responsabilidades

principales (como la elaboración de programas de protección apropiados de radiación) y de modo similar para los trabajadores (como la correcta utilización de los dispositivos proporcionados para el control de la radiación). La protección de la radiación es sólo un factor que debe ser dirigido para proteger la seguridad y la salud del trabajador. El programa de protección ocupacional debería ser establecido y coordinado con otras disciplinas de seguridad y salud. Al menos la mitad de los trabajadores expuestos lo son a la radiación artificial. La mayoría de trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos a niveles elevados de radionucleidos ambientales. Aquellos trabajadores que comprenden este último grupo reciben una dosis más alta de media anual que aquellos trabajadores expuestos a fuentes artificiales. Las fuentes principales naturales de irradiación, además de la minería y el tratamiento de minas de uranio, son el radón en edificios, las minas de torio que contienen rastros significativos de radionucleidos naturales, y los rayos cósmicos en la atmósfera.

Para estudiar y establecer estas cuestiones se ha celebrado en Suiza la I Conferencia Internacional de la Protección Ocupacional, organizada por el OIEA y convocada conjuntamente con la Organización Internacional del Trabajo. Ha sido copatrocinada por la Comisión Europea en cooperación con la OECD/NEA y también con UNSCEAR. Han asistido 328 participantes de 72 países y 12 organizaciones. Con el apoyo del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, y también de la CE, casi la media de los participantes representaba a países en vía de desarrollo. Es la primera conferencia internacional que cubre el área de protección ocupacional, incluyendo el desarrollo de infraestructuras, el control de la radiación y la probabilidad de la causalidad del daño ocupacional atribuible a la irradiación. El OIEA agradece la cooperación y el apoyo de todas las organizaciones y los individuos que han contribuido al éxito de esta conferencia.

## ICRU Report 69- Direct determination of the body content of radionuclides

Journal of the ICRU. Volume 3, No 1.2003.



Informes del ICRU previos se han ocupado de la formulación y las propiedades de sustitutos de tejido y los fantasmas de los sistemas de medida que son usados para calibración in vivo. Este informe proporciona la información sobre el proceso total de la medida directa de radionucleidos en el cuerpo humano en la protección radiológica y las aplicaciones médicas. Incluye los detectores y la electrónica usada para las medidas, los métodos de reducción del fondo y el control, la geometría de medida para el cuerpo entero, cuerpo parcial o el conteo de órganos, métodos de calibración físicos y matemáticos, el análisis de datos y la garantía de calidad.

## Possible Implications of Draft ICRP Recommendations

Publicado en junio de 2003 por la NEA con número 04415, ISBN: 92-64-02131-0.

Disponible en la Web: [http://www.nea.fr/html/rp/re-](http://www.nea.fr/html/rp/reports/2003/nea4415-icrp.pdf)

[ports/2003/nea4415-icrp.pdf](http://www.nea.fr/html/rp/reports/2003/nea4415-icrp.pdf) (en formato PDF)

El CRPPH (Committee on Radiation Protection and Public Health) de la NEA está contribuyendo activamente al desarrollo de ideas que puedan ayudar a la realización de las nuevas recomendaciones que la ICRP tiene intención de publicar para el año 2005, analizando especialmente las implicaciones que podrían surgir al implementar estas nuevas recomendaciones.

Este informe resume los puntos de vista del CRPPH respecto a los puntos generales que la ICRP ha remitido recientemente como base de sus futuras recomendaciones. Este trabajo proporciona sugerencias detalladas con relación a ese documento de carácter general. El CRPPH presenta, además de sus observaciones, otras cuestiones específicas que, en su opinión, deberían incorporarse.

El punto de vista de los agentes implicados, expresado en este documento, ha sido presentado a la ICRP en el segundo Forum NEA/ICRP de abril de 2003, y ha servido para convencer a la ICRP para introducir varios conceptos clave en su nuevo sistema que propone.

## A New Approach to Authorisation in the Field of Radiological Protection

The Road Test Report Publicado en mayo de 2003 por la NEA con número 04416, ISBN: 92-64-02122-1. Disponible en la página electrónica: <http://www.nea.fr/html/rp/reports/2003/nea4416-authorisation.pdf> (en formato PDF)

El comité CRPPH (Committee on Radiation Protection and Public Health) de la NEA viene investigando maneras de mejorar el actual sistema de protección radiológica a fin de simplificarlo y hacerlo más transparente y comprensible. Para ello ha sugerido dos posibles mejoras, una caracterización formal de fuentes y exposiciones y la definición de un proceso coherente de autorización de todas las exposiciones justificadas.

Este informe que analiza estas dos posibles mejoras ha supuesto:

- el desarrollo de "características de fuentes y exposiciones" que puedan ser usadas para identificar, anticipadamente, aquellas situaciones que podrían ser tratadas mejor si se contara con todas las partes implicadas; un análisis del concepto del proceso de autorización; y pruebas de la caracterización y del proceso de autorización para una serie de fuentes y exposiciones.

En el diseño del sistema de caracterización se ha establecido un procedimiento para evaluar cada una de las fuentes y exposiciones con el fin de identificar un caso particular de partida. Éste sería el primer paso del proceso de autorización. Posteriormente se completaría con un análisis más detallado para conocer si las exposiciones están justificadas.

El proceso de autorización integral puede ser considerado como una aplicación particular del método general de evaluación y gestión del riesgo a la salud. Dicho método consiste en: definir el problema y situarlo en un contexto, analizar el riesgo, examinar las opciones, decidir la opción a implementar, actuar y evaluar los resultados.

El proceso de autorización integral surge como evolución del sistema presente para dar una mayor coherencia con los métodos de evaluación de riesgo con la salud en general así como con la evaluación del riesgo ambiental.

## Radiological Protection of the Environment

Publicado en enero del 2003 por la NEA con número 03691, ISBN: 92-64-18497-X.

Disponible en la página electrónica: <http://www.nea.fr/html/rp/reports/2003/nea3691-environment.pdf> (en formato PDF)

El vigente sistema de protección radiológica está siendo actualmente revisado con el objetivo de hacerlo más simple,

claro y representativo a las necesidades de los agentes implicados. Durante el proceso de revisión, se le está dando una particular atención al desarrollo de un sistema explícito de protección radiológica al medio ambiente. Fue en este contexto en el que la NEA organizó, en colaboración con la ICRP, un foro sobre protección radiológica del medio ambiente.

Este informe resume las cuestiones clave discutidas en el foro. Incluye desarrollo sostenible, identificación de las especies a proteger, la definición de daño, el nivel necesario de regulación, una estrategia integrada de protección, el uso de estrategias similares para las personas y el medio ambiente, principios básicos para un sistema de protección del medio ambiente y consecuencias en términos de formación.

## Safety considerations in the disposal of disused sealed radioactive sources in borehole facilities

IAEA TECDOC Series n° 1368 (2003)



Las fuentes radiactivas encapsuladas se utilizan en medicina, industria e investigación para un amplio campo de aplicaciones conteniendo diferentes radionucleidos en actividades variables. Al término de su vida útil, se denominan fuentes en desuso, pero sus niveles de actividad pueden ser altos. Por otro lado, existen otros tipos de residuos radiactivos que deben ser acondicionados con las debidas medidas de seguridad.

Las fuentes encapsulas fuera de uso pueden representar un riesgo para el público si no son acondicionadas adecuadamente. Algunos países no disponen de procedimientos adecuados para este acondicionamiento, ya que no poseen programas de seguridad nuclear para llevar a cabo estos cometidos. En cualquier caso, en los países que han desarrollado programas nucleares, las fuentes radiactivas en desuso presentan problemas, ya que están fuera de las categorías de clasificación y disposición del resto de los residuos radiactivos.

Como consecuencia, muchas de las fuentes mencionadas permanecen almacenadas. Dependiendo de la naturaleza de este almacenamiento, esta situación puede presentar un riesgo potencial para los trabajadores y para el público.

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) ha recibido numerosas consultas de los Estados miembros para la disposición segura de estas fuentes encapsulas fuera de uso. La respuesta tiene dos aspectos, en el ámbito técnico y de seguridad. Particularmente urgen respuestas en las situaciones de emergencia que tienen que ver con el almacenamiento no seguro de estas fuentes y las fuentes perdidas o huérfanas. De todas formas existe un requerimiento importante en el desarrollo de medidas de acondicionamiento final que sean seguras y con un coste adecuado. Consecuentemente, un número de actividades han sido iniciadas por el OIEA para responder a los Estados miembros en relación con el manejo de las fuentes fuera de uso.

Este informe discute las consideraciones generales relativas a la disposición segura de las fuentes encapsuladas así como actividades limitadas de otros tipos de residuos radiactivos en instalaciones bajo tierra. Particularmente anima a los Estados miembros a desarrollar otros tipos de emplazamiento para el acondicionamiento de los residuos radiactivos provenientes del sector nuclear. En este informe se reconoce que es necesaria una guía de seguridad en esta área pero requiere un desarrollo y consulta para establecer un amplio acuerdo general internacional sobre la tecnología apropiada y las exigencias de seguridad necesarias.

## Journal of the ICRU. ICRU Report 70: Image Quality in Chest Radiography

Volume 3. N° 2 (2003)



La calidad de imagen en la radiografía de pecho es un tema importante, pero complejo. La anatomía complicada del pecho, así como las maneras en que la enfermedad de pecho se puede manifestar, requiere la consideración cuidadosa de la técnica radiográfica. La manera en la que los humanos se ocupan de la complejidad de imágenes de pecho agrega remotas dimensiones al análisis de imagen que no es encontrado en otros exámenes radiográficos.

Este informe describe muchas cuestiones que están relacionadas con la calidad de las imágenes radiográficas del pecho. Así, esto indica una extensa literatura en este tema, un tema que ha sido uno de los más a fondo estudiados en toda la radiografía. Las estrategias que generalmente son estados de acuerdo para mejorar la calidad de las radiografías de pecho son descritas en este artículo, como es el control de calidad de la imagen.

Más de un siglo después de su introducción en la práctica clínica, la radiografía de pecho es un tema importante para el estudio. Además, en ningún otro

examen radiográfico la relación entre la imagen física y el cuidado del paciente tiene el potencial para confundir o instruir. Una discusión cuidadosa de la radiografía de pecho dentro del marco de la ciencia moderna médica radiográfica por lo tanto puede ser vista como una empresa potencialmente útil.

## Management of Disused Long Lived Sealed Radioactive Sources (LLSRS)

IAEA TECDOC Series n° 1357 (2003)

Desde el principio de la era nuclear, se utilizan fuentes de radioisótopos para la aplicación en investigación nuclear y aplicación de la tecnología nuclear a usos prácticos. En 1936 Hevesy y Levi crearon primero fuentes de neutrones para la investigación fundamental mezclando uranio con polvo de berilio. Las aplicaciones médicas, industriales y los usos en la investigación de las fuentes de radiación comenzaron en los años 40. Más tarde se utilizaron radionucleidos artificiales para estos objetivos.

Las fuentes de emisores alfa, beta y de neutrones han encontrados usos más amplios por el empleo de radionucleidos artificiales como el plutonio-238, americio-241, tritio, carbono-14 y níquel-63. Éstos han sido usados como las fuentes directas de radiación alfa, beta, gamma y de rayos X, y también para producir radiación secundaria (neutrones) o calor para funcionar como una pequeña fuente. Mientras que sus propiedades son muy diferentes, tienen un denominador común: que sus semiperíodos físicos son muy largos.

En verdad, aunque mucha de la tecnología basada en estas fuentes esté ahora anticuada, sus niveles de actividad han cambiado poco desde que fueron producidos y serán una preocupación continuada durante décadas en el futuro. Las propiedades físicas y químicas de muchas fuentes, más las asociadas a su manipulación, las hacen susceptibles de producir un daño que se extendería también a la posible contaminación.

Estas características mencionadas, la posibilidad de su pérdida y las largas vidas medias asociadas indican que pueden ser un riesgo de contaminación ambiental en el futuro. Se requiere el acondicionamiento apropiado para periodos probablemente de varias décadas y la disposición geológica proporciona una opción viable disponible. En el reconocimiento de la necesidad de manipular estas fuentes con condiciones de seguridad, el Plan de Acción del OIEA en la Seguridad de las Fuentes de Radiación y Seguridad de los Materiales Radiactivos, se necesita el desarrollo de documentos relacionados con la manipulación, acondicionamiento y almacenamiento de las mencionadas fuentes.

Han sido publicados una serie de documentos de la manipulación de las fuentes encapsuladas y algunos sobre áreas más específicas (OIEA-TECDOC-1205 on "Management for the Prevention of Accidents from Disused Sealed Radioactive Sources" and IAEA-TECDOC-1301 on "Management of Spent High Activity Sealed Radioactive Sources").

Este TECDOC proporciona los conocimientos técnicos sobre la manipulación de las fuentes encapsuladas en desuso de vida media larga (LLSRS). También proporciona material como soporte técnico para los países en desarrollo, como referencia de los programas en los que está implicado el OIEA.

Debido a la naturaleza histórica de alguna de estas fuentes bajo esta categoría y la necesidad de desarrollar procedimientos técnicos reconocidos a escala internacional, esta publicación puede servir de base para el establecimiento de las futuras manipulaciones y de los procedimientos de acondicionamiento adecuados.



# CONVOCATORIAS

## OCTUBRE:

### • 9th International Symposium on Radiation Physics.

Del 27 al 31 de octubre de 2003. Cape Town, Sudáfrica. Más información en la dirección <http://www.isrp9.tlabs.ac.za/conferences/isrp9/home.htm>

### • 7th European Alara Network Workshop: Decommissioning and Site Remediation.

29-31 de octubre de 2003. Amhem, Holanda. Para más información contactar con Mr. F. Van Gemert (NRG): [van-gemert@nrg-nl.com](mailto:van-gemert@nrg-nl.com) o visitar la página electrónica <http://ean.cepn.asso.fr> (apartado "Workshops").

## NOVIEMBRE:

### • Curso de metrología y calibración de radiaciones ionizantes en el área de radiofísica hospitalaria.

3-7 noviembre 2003, Madrid, España. Organizado por la SEFM. Duración: 28 horas. <http://www.sefm.es>

### • VI Congreso regional sobre seguridad radiológica y nuclear. Congreso regional IRPA. III Congreso iberolatinoamericano de sociedades de protección radiológica.

9-13 de noviembre de 2003. Lima (Perú). Organizado por la Sociedad Peruana de Radioprotección (SPR) con la colaboración del Instituto Peruano de Energía Nuclear y de las Sociedades de Protección Radiológica integrantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC), España y Portugal (GRIAPRA). Secretaría del Congreso. Casilla Postal 18 – 0260. Lima, Perú. E-mail: [medina@ipen.gob.pe](mailto:medina@ipen.gob.pe) Página del congreso [www.radioproteccion.org.pe](http://www.radioproteccion.org.pe)

### • International Conference on Research Reactor (Utilization, Safety, Decommissioning, Fuel and Waste Management).

10-14 de noviembre de 2003. Santiago, Chile. Más información en la dirección: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Meeting.asp>

### • Training Course on Internal Exposure Monitoring Programmes.

Fechas provisionales: 24-25 noviembre 2003. París, Francia. <http://www.eurados.org/pages/news.htm>

### • Curso "Técnico experto en protección radiológica".

10-28 de noviembre de 2003. Madrid, España. Organizado por el CIEMAT. Duración: 75 horas. E-mail: [ana.calle@ciemat.es](mailto:ana.calle@ciemat.es)

## 2004

## ENERO:

### • Curso de dosimetría interna.

Duración: 28 horas CIEMAT, Madrid, España. Enero de 2004. Información: [ana.calle@ciemat.es](mailto:ana.calle@ciemat.es)

## FEBRERO:

### • International Workshop on Radiation Health Effects at Low Doses or Low Dose Rates.

Del 16 al 18 de febrero de 2004. Neuherberg, Alemania. Organizado por el GSF. Más información en la dirección electrónica: <http://www.gsf.de/institute/ISS/worksop.lowdose>

## ABRIL:

### • National Council on Radiation Protection and Measurements, 40th Annual Meeting.

14 y 15 de abril de 2004. Arlington, Virginia, EEUU. Organizado por el NCRP (National Council on Radiation Protection). Los interesados pueden contactar con el NCRP, 7910 Woodmont Avenue, Suite 800, Bethesda, MD 20814-3095, USA. Teléfono: +1 301 657 2652. Fax: +1 301 907 8768. Correo electrónico: [ncrp@ncrp.com](mailto:ncrp@ncrp.com). Más información en la página electrónica [www.ncrp.com](http://www.ncrp.com)

## MAYO:

### • ICRS-10 - Tenth International Conference on Radiation Shielding and RPS 2004 - Thirteenth Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division of the American Nuclear Society.

Del 9 al 14 de mayo de 2004. Madeira, Portugal. Organizado por el ITN (Nuclear and Technological Institute, en Lisboa) con la colaboración de la NEA (Nuclear Energy Agency), la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), la ANS (American Nuclear Society), el RSICC (The Radiation Safety Information Computational Center, Oak Ridge National Laboratory) y el apoyo de diversas instituciones europeas, de EEUU y Japón. Para más información consultar la página electrónica de la conferencia: <http://www.itn.mces.pt/ICRS-RPS>

## SEPTIEMBRE:

### • High Levels of Natural Radiation and Radon Areas (HLNRA), 6th International Conference.

Del 6 al 10 de septiembre de 2004. Osaka, Japón. Los interesados pueden ponerse en contacto con AC Planning, 6th HLNRA, 383 Murakami-cho, Fushimi-ku, Kyoto 612-8369, Japan. Teléfono: +81 75 611 2008. Fax: +81 75 603 3816. Correo electrónico: [postmaster@acplan.jp](mailto:postmaster@acplan.jp). Más información en la página electrónica [www.acplan.jp/6HLNRA](http://www.acplan.jp/6HLNRA)