

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## ▲ **Entrevista:**

**Agustín Alonso Santos**

*Consejero del Consejo  
de Seguridad Nuclear*

## ▲ **Perspectivas para la protección del Medio Ambiente en la legislación de Protección Radiológica de la UE**

## ▲ **ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós 1**

## ▲ **Caracterización de la filtración del haz de radiación en equipos de tomografía computarizada**

Nº 24 • Vol. VIII • 2000

# Socios colaboradores de la SEPR



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.



**COFRENTES**  
CENTRAL NUCLEAR



UNION FENOSA  
CENTRAL NUCLEAR "JOSÉ CABRERA"



C. N. VANDELLOS II A.I.E.



**GEOCISA**  
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.

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



**IBERDROLA**



**PHILIPS**





**SOCIEDAD  
ESPAÑOLA  
DE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA**

www.sepr.es

**Secretaría Técnica**

Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid  
Tel.: 91 749 95 02 - Fax: 91 749 95 03  
e-mail: edicomplet@medynet.com

**Junta Directiva**

Presidente: *Xavier Ortega*

Vice-presidente: *Ignacio Hernando*

Vice-presidente (Congreso 2000): *Roberto Martín*

Secretaría: *María Luisa España*

Tesorero: *Pío Carmena*

Vocales: *Juan Manuel Campayo, Antonio Delgado, Antonio López, María Jesús Muñoz, Cristina Núñez de Villavicencio*

**Comisión de Asuntos Institucionales**

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

Responsable: *Xavier Ortega*.

**Comisión de Actividades Científicas**

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

Responsable: *Ignacio Hernando*.

**Comisión de Normativa**

*Asunción Díez, Manuel Fernández Bordes, Joan Font, Rafael García-Bermejo, Andrés Leal, Pilar López Franco, María Teresa Ortiz*

Responsable: *María Luisa España*.

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

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

Responsable: *Antonio López Romero*.

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Juan Manuel Campayo, Jesús de Frutos, Marisa Marco, Patricio O'Donnell, María Teresa Ortiz, Félix Rocio*

Responsable: *Pío Carmena*.

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Director:** *Eduardo Sollet*

**Coordinadora:** *Paloma Marchena*

**Comité de Redacción**

*José Miguel Fernández Soto, José Gutiérrez, Antonio López Romero, Teresa Navarro y Matilde Pelegrí*

**Comité Científico**

Coordinador: *José Gutiérrez*

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

**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

e-mail: senda@sendaeditorial.com

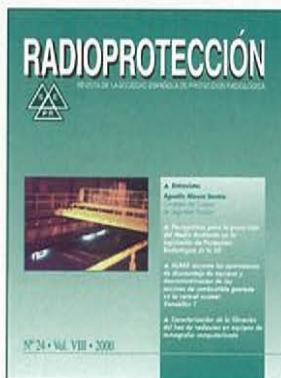
**Impreme:** Neografis, S.L.

**Fotomecánica:** Récord

**Depósito Legal:** 17158

**ISSN:** 1133-1747

**EDICIÓN MARZO 2000**



## S U M A R I O

• Editorial	<b>3</b>
• Noticias	<b>4</b>
- de la SEPR	4
- de España	33
- del Mundo	41
• Entrevista	<b>8</b>
<i>Agustín Alonso Santos</i> Cosejero del Consejo de Seguridad Nuclear	
• Contribución Invitada	<b>12</b>
- Perspectivas para la protección del Medio Ambiente en la legislación de Protección Radiológica de la UE <i>Augustin Janssens</i>	
• Colaboraciones	<b>20</b>
- ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós 1 <i>M<sup>ra</sup> Teresa Ortiz, Manuel Ondaro e Ildelfonso Irún.</i>	20
- Caracterización de la filtración del haz de radiación en equipos de tomografía computarizada. Influencia Dosimétrica <i>M. López Tortosa, J.J. Morant Echevarne y A. Calzado Cantera</i>	27
• Publicaciones	<b>39</b>
• Convocatorias	<b>40</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 comparte necesariamente.

RADIOPROTECCIÓN • Nº 24 Vol VIII 2000



# SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

afiliada a la

INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (I.R.P.A.)

Correo electrónico: sepr@sepr.org

## SOLICITUD DE ADMISIÓN

### Datos personales:

Apellidos		Nombre	
Dirección particular			
Código postal y Población			
Teléfono	Fax	Fecha nacimiento	
Empresa o Centro de trabajo		Cargo	
Dirección			
Código postal y Población			
Teléfono	Fax	e-mail	
Estudios o formación			
Enviar Correspondencia a: Dirección particular <input type="checkbox"/> Lugar de trabajo <input type="checkbox"/>			

### Socios que avalan su candidatura

D/D <sup>o</sup>
D/D <sup>o</sup>

El abajo firmante solicita su ingreso en la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA comprometiéndose a cumplir sus Estatutos, en calidad de socio: Numerario  Agregado

..... Firma..... Fecha.....

### Sectores de actividad

Para su participación en la SEPR indique actividad profesional y/o área de interés.  
(Debe adscribirse por lo menos a un sector)

Reglamentación y Normativa  Medicina y Salud Pública  Investigación y Docencia   
Industria, Energía y Medio Ambiente  Actividades Técnicas y Comerciales

## DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad	Sucursal	D.C.	Número de Cuenta
CUENTA CARGO .....			

Sr. Director de		
Calle/Plaza		
localidad	Provincia	C. Postal

Muy Sr. Mío:

Le ruego que, hasta nueva orden, abonen con cargo a mi cuenta/libreta en esa Entidad, los recibos que a mi nombre les presente al cobro la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Atentamente,

Nombre y Apellidos.....(firmado)

# Editorial

El primer número del año 2000, de la revista *RADIOPROTECCIÓN*, abre las puertas a una serie de acontecimientos que van a enmarcar una buena parte de las actividades y compromisos de la SEPR en los próximos años.

El VIII Congreso Nacional de la SEPR, a celebrar en Gran Canaria en el mes de Septiembre, recogerá las innovaciones más recientes en el campo de la protección radiológica y en especial la nueva reglamentación española que en aquel momento estará en vigor. Servirá también esa reunión de la Sociedad para efectuar un relevo reglamentario de una buena parte de la Junta Directiva y de las Comisiones previstas en su estructura funcional. El nuevo equipo renovado deberá proseguir la tarea de impulsión y adaptación de la Organización a los retos de futuro que fueron examinados en el pasado encuentro de Sociedades celebrado el último mes de Diciembre y hacer frente a los compromisos adquiridos.

El X Congreso Internacional de la IRPA en Hiroshima, previsto para el próximo mes de Mayo, constituye asimismo una cita de especial importancia para la SEPR. En efecto, con motivo de esa reunión deberá presentarse, a la consideración de la Asamblea General, la candidatura de la SEPR y de la ciudad de Madrid como sede del XI Congreso del año 2004. Es un reto que ha movilizado un buen número de socios y que necesitará, de confirmarse dicha nominación, la contribución del conjunto de la SEPR.

Los crecientes compromisos en el ámbito europeo se van concretando progresivamente en los encuentros anuales que vienen produciéndose entre los Presidentes de las Sociedades de Protección Radiológica de la Unión Europea, auspiciados por la Comisión Europea, y es posible que esa voluntad de articulación de una relación más sólida de tipo regional entre las Sociedades Europeas se plasme en la Organización de un 1er Congreso Europeo a celebrarse en el año 2004.

La atención a las relaciones con Iberoamérica, que se han venido desarrollando de manera muy especial a través del Grupo GRIAPRA, deberá consolidarse con la reciente propuesta de un nuevo procedimiento de funcionamiento del Grupo que será presentada al resto de Sociedades iberoamericanas para su eventual adopción.

Como colofón de esta presentación, dedicada en gran medida a nuestras relaciones internacionales, saludamos con especial atención y simpatía las interesantes aportaciones que hace en este número de *RADIOPROTECCIÓN* una personalidad que conoce y ha cultivado de manera muy especial las relaciones internacionales. Se trata del Profesor D. Agustín Alonso Santos cuyos méritos académicos y científicos así como las responsabilidades desempeñadas, a lo largo de su larga carrera, son bien conocidas. Su presencia en nuestra Revista era una deuda que convenía saldar y constituye un honor para nuestra Sociedad, que ha contado siempre con su colaboración cuando le ha sido requerida, y que se honra de tenerle entre sus más distinguidos miembros.





### Asamblea General Ordinaria SEPR

VIII Congreso, que se celebrará del 27 al 29 de septiembre en Las Palmas de Gran Canaria y la presentación de la



Junta Directiva de la SEPR. De izquierda a derecha: Antonio Delgado, Cristina Muñoz de Villavicencio, M<sup>o</sup> Jesús Muñoz González, Marisa España, Xavier Ortega (Presidente), Ignacio Hernando (Vicepresidente), Pío Cármena y Antonio López Romero.

El pasado 20 de diciembre de 1999 tuvo lugar la Convocatoria General de la Sociedad Española de Protección Radiológica en el Salón de Actos del CIEMAT. La Junta Directiva, a excepción de José María Campayo, comenzó la Asamblea dedicada al desarrollo objetivo de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

El orden del día comenzó con la lectura y posterior aprobación, por unanimidad, del Acta anterior. Seguidamente, el Presidente, Xavier Ortega, presentó su informe informando de la puesta en marcha de la Estructura Funcional de la Sociedad y declaró la satisfacción obtenida con el cumplimiento de los objetivos que, actualmente, siguen la marcha prevista. Del mismo modo, aseguró que las Comisiones siguen funcionando e informando regularmente a través de la revista Radioprotección. Comentó la proyección internacional de la SEPR que estará presente en América con el Grupo GRIAPRA, en la Unión Europea en la 1ª Reunión de Sociedades en Luxemburgo, la participación en IRPA y la posible celebración de un Congreso Europeo de Protección Radiológica en el año 2002.

De las actividades de la SEPR para el año 2000, destacó la preparación del

candidatura de España para el Congreso IRPA 11 de 2004. Respecto a los temas internos de la organización de la SEPR, felicitó el buen balance económico alcanzado este año, lo que permitirá una independencia económica que dará como resultado la autonomía de funcionamiento de la Sociedad.

Pío Cármena presentó el Informe del Tesorero donde analizó el período 1999 y las previsiones para el 2000. Cabe destacar que el incremento de los ingresos es de casi 2 millones de pesetas debido a la aportación de las entidades colaboradoras como apoyo a las actividades de la SEPR. Antes de dar paso a los ruegos y preguntas, tomó la palabra Marisa España, que se encargó del desarrollo del Informe de la Secretaría. Presentó la consecución de los objetivos que se propusieron en la anterior Asamblea. Respecto al número de socios, las solicitudes de altas aprobadas por la Junta Directiva han sido un total de 16 y 5 el número de bajas a petición propia. Las actividades que la Sociedad tiene previstas son las relacionadas con la nueva traducción de ICRP 60, que en la actualidad sigue recibiendo solicitudes de adquisición que, de momento, no pueden ser atendidas. De la misma for-

ma, el "Manual de Protección Radiológica para instalaciones radiactivas en Centros de Investigación" está ya en fase de corrección, así como la publicación ICRP 73.

### Jornada sobre Radiaciones Ionizantes: Papel de las Sociedades científico-profesionales ante los nuevos retos del futuro

Con la colaboración del CIEMAT y en su salón de actos, se celebró el pasado día 20 de Diciembre una jornada en la que participaron varias sociedades profesionales que debatieron el papel que deben desempeñar estas sociedades ante los retos que el futuro ya está planteando como son la globalización de las actuaciones humanas, el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente, la facilidad de las comunicaciones con cualquier parte del mundo, el acceso al debate científico, las posibilidades de Internet, etc. La reunión contó con la presencia de unos 50 asistentes.

Aparte de la Sociedad Española de Protección Radiológica intervinieron las siguientes sociedades: la Sociedad Francesa de Radioprotección (SFRP), la Sociedad Española de Radioterapia Oncológica (AERO), la Real Sociedad Española de Física, la Sociedad Española de Física Médica (SEFM), la Sociedad Española de Medicina Nuclear (SEMNU) y la Sociedad Nuclear Española (SNE).

Xavier Ortega, presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica inicia la sesión introduciendo el tema y agradeciendo al CIEMAT por acoger esta jornada y a los presidentes y representantes de las sociedades presentes por su asistencia así como a los presentes en el acto. El presidente de la SEPR hace una reflexión sobre los temas que pueden ser objeto de cada una de las intervenciones como puede ser la globalización de las relaciones e indica que cada interviniente haga una breve



De izquierda a derecha: Manuel Fernández Bordes (Presidente de la Sociedad Española de Física Médica), Amalia Palacios (Vocal vicepresidente de la Sociedad Española de Radioterapia Oncológica), Gerardo Delgado (Presidente de la Real Sociedad Española de Física), Annie Sugier (Ex-Presidenta de la Sociedad Francesa de PR), Xavier Ortega (Presidente SEPR), Lucila Izquierdo (Vicepresidente de la SNE) y José M<sup>o</sup> Freire (Presidente de la Sociedad Española de Medicina Nuclear).

presentación de su sociedad y aporte su visión sobre temas como la internalización, la sostenibilidad, etc.

Annie Sugier, expresidenta de la SFRP inició su intervención haciendo una breve síntesis de la Sociedad Francesa de Radioprotección. Dice que cuenta con unos 1500 asociados, es la segunda sociedad de IRPA tras la americana, tiene un congreso cada dos años, cuatro grupos de trabajo sobre aspectos técnicos, medio ambiente, radiaciones no ionizantes e investigación sobre la salud y edita una revista.

Dice que los objetivos anteriores de la SFRP eran informar e informarse entre profesionales por medio de seminarios y conferencias para crear oportunidades individuales fuera el marco empresarial, es decir crear un marco individual. Pero ahora dice, el 70% de las decisiones políticas están relacionadas con la tecnología; se producen con excesiva frecuencia polémicas científicas, escándalos debidos a la mala información de los políticos, aparición de expertos llamados independientes y todo ello creando la desconfianza del público. Aparece una nueva ciencia, la llamada gestión de los riesgos en la que se dan las siguientes etapas: evaluación de los riesgos, recomendaciones sobre los riesgos (normativa) y finalmente la aplicación de estas normas. Comenta que hay que separar el papel de los diversos actores que intervienen, el político, el operador y el experto. ¿Cuáles son las alternativas que se

ofrecen entonces a las sociedades científicas?. Convertirse en lobby o abrirse al exterior. ¿Cómo?. Respetando la multiplicidad de opiniones internas, apertura al exterior, respetando las reglas éticas, promoviendo la solidaridad internacional y desarrollando una red regional e internacional.

La vocal vicepresidente de la Sociedad Española de Radioterapia Oncológica AERO, Amalia Palacios, indica que su sociedad se fundó en 1978 y se independiza como tal en 1981. Tiene 415 socios activos, la mayor parte oncólogos radioterapeutas distribuidos en los 79 centros en los que en España se administra radioterapia. Cree que en los próximos 10 años la técnica radioterapéutica no va a desaparecer, por el contrario, se va a aplicar al 50% de los pacientes con cáncer y es de esperar que de forma absoluta los tratamientos se incrementen al mismo ritmo que los nuevos pacientes, es decir, aproximadamente un 1% cada año. ¿Cuáles son sus inquietudes?. La problemática derivada de la aplicación del Real Decreto de Calidad en Radioterapia, la rápida aparición de nuevas tecnologías lo que obliga a una formación continuada de los profesionales - a este respecto la sociedad ha organizado 5 cursos de periodicidad bianual - y a la renovación de la tecnología que es muy cara.

El presidente de la Real Sociedad Española de Física Gerardo Delgado, comenta que su sociedad fue creada por

Echegaray en 1903 conjuntamente con la de Química, separándose ambas sociedades en 1982. Su objetivo es contribuir al avance y difusión de la física así como a su enseñanza, existiendo dos grupos dentro de la sociedad que se dedican a estas misiones. En cuanto a medios cuenta con una revista, la Revista Española de Física, los Anales de Física, que se han integrado con los de las sociedades de física de Francia, Alemania, Italia y Gran Bretaña; organiza congresos con una periodicidad bianual, el próximo será en Sevilla el año 2001, organi-

za talleres de trabajo y coopera con organismos internacionales. Cuenta con 1500 socios que son pocos si se comparan con los 28000 de la sociedad alemana. Quiere ser la casa común de la física en España en todas sus variantes. Posee 18 grupos especializados y mantiene amplias relaciones institucionales con múltiples entidades. El próximo curso de física atómica y molecular lo organizará conjuntamente con la sociedad de física de Portugal.

El presidente de la Sociedad Española de Física Médica SEFM, Manuel Fernández Bordes, comenta que su sociedad consta de 340 afiliados fundamentalmente del ámbito universitario y hospitalario (radiofísicos). En un discurso muy bien estructurado dice que el tema le desborda. Habla de los cambios, de la tasa de cambios y de la necesidad de anticipación a los mismos lo que da lugar a la aparición de nuevas alternativas. A su juicio los desafíos del nuevo milenio son la paz, el crecimiento económico, el medio ambiente y el crecimiento tecnológico. Dice que en general a la sociedad en general le preocupan los dos últimos retos pero sin abstraerse de los dos primeros. A ese respecto, las preocupaciones de la SEFM se centran en la necesidad de formación de sus miembros, el lanzamiento de las relaciones externas, estimular la formación de profesionales relacionados con las radiaciones ionizantes, la mejora de la garantía de calidad, canalizar el acceso a los

programas de I+D, facilitar la estancia en centros de excelencia y la masiva utilización de Internet para la comunicación de los socios entre sí.

El presidente de la Sociedad Española de Medicina Nuclear SEMN, José María Freire, inicia su intervención comentando que la medicina nuclear nació en España en el hospital de la Cruz Roja e Madrid en 1949. La especialidad médica se crea en 1978 y seguidamente se funda la SEMN con los objetivos de difundir la medicina nuclear y la promoción de la tecnología. Editan una revista y poseen 480 miembros. La medicina nuclear está extendida en España en 105 centros realizándose al año mas de 105.000 actuaciones. La práctica de la medicina nuclear conlleva un riesgo pero los médicos conocen tal riesgo. han creado dos grupos de trabajo, el del TEP, tomografía de emisión de positrones (hay tres unidades funcionando en España) y el de garantía de calidad. Los retos que afrontan se refieren a la formación del médico en una medicina basada en la experiencia dentro de un contexto de medicina competitiva y en la información al público y a los pacientes de los riesgos de la medicina nuclear y de los procedimientos médicos.

La vicepresidenta de la Sociedad Nuclear Española SNE, Lucila Izquierdo, indica que la SNE se creó en 1974 como asociación de profesionales que acaba de cumplir sus bodas de plata para promover y difundir el desarrollo de las ciencias y técnicas nucleares y de las radiaciones ionizantes, aunque reconoce que la SNE ha estado muy orientada y condicionada por el desarrollo industrial y tecnológico del programa nucleoelectrico español y del ciclo del combustible, aunque últimamente está prestando una mayor atención a los usos no energéticos de la tecnología nuclear. Su campo de actuación se divide en dos áreas, la promoción profesional de sus miembros y su papel en la sociedad, siendo cada vez más importante esta última faceta. Posee 1100 socios individuales y 80 colectivos así como 150 socios estudiantes. Tiene una revista mensual y edita libros, monografías y normas técnicas. Celebra reuniones anuales y reuniones monográficas, organiza cursos de formación y

actividades de difusión de la tecnología nuclear. Es miembro de la Sociedad Nuclear Europea que agrupa a 24 países. Sus retos de futuro comprenden la multidisciplinariedad de sus actividades, su papel cada vez más activos en actividades técnicas, los retos del sector eléctrico nuclear como son la percepción y aceptación pública de la energía nuclear y el mantenimiento del nivel de competitividad, económica y de seguridad de la tecnología y el nivel de competencia y humano de sus miembros. A este respecto, el papel de la SNE en este entorno tiene que ser el mantenimiento de la profesionalidad de sus miembros en la que la formación debe jugar un protagonismo esencial y ser cada vez más activa ante la sociedad en general formando e informando al público; para ello ha creado dos secciones, el de las WIN (mujeres nucleares) y el grupo de los jóvenes nucleares.

Finalmente el presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Xavier Ortega, habla de lo que es la SEPR, del origen de sus socios (30% del sector sanitario, 30% de la industria y 30% de universidades y centros de investigación) de su estructura, de sus comisiones de trabajo y sectores de actividad. Dice que las sociedades científicas se deberían integrar en el tejido civil de los estados y para ello deberían tener un interés social. A este respecto, el riesgo radiológico tiene una preocupación social extrema por lo que las sociedades deberían asumir un compromiso social para alcanzar altos niveles de credibilidad y transparencia. Las sociedades tienen que colaborar con instituciones públicas y privadas pero sin perder su autonomía. Las tareas de formación e información basadas en las fuentes del conocimiento científico son muy importantes y las sociedades tienen que dotarse de estructuras estables para afrontar los retos del futuro. En particular para la Sociedad Española de Protección Radiológica son retos del futuro impulsar las actuaciones conjuntas de las sociedades de protección radiológica europeas, cuidar su nivel de autonomía y favorecer las vías de participación y comunicación entre sus miembros, incrementar los canales de comunicación con instituciones

y entidades manteniendo siempre su autonomía y el desarrollo de actividades de interés general.

Tras un animado coloquio se procedió a la sesión de cierre en donde el presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica a modo de conclusiones citó los puntos que fueron el denominador común de todas las intervenciones; sobre el contenido de las asociaciones debe primar el espíritu de profesionalidad de sus miembros para incrementar el nivel de credibilidad en las actuaciones requeridas, el papel creciente que deben de jugar en el contexto social fomentando las vías de comunicación social dada la especial percepción social del riesgo radiológico, la formación e información de sus miembros haciendo uso de las nuevas tecnologías y la sinergia y colaboración entre sociedades para mejorar las actuaciones conjuntas, sobre todo de cara al exterior

## Candidatura de la SEPR para organizar el Congreso IRPA-11 en Madrid

El Comité Organizador, coordinado por Leopoldo Arranz, ha finalizado una parte importante de su labor. Se ha completado la presentación oficial de la candidatura española para organizar el Congreso de las Sociedades de Protección, IRPA-11, en el año 2004 en Madrid.

El trabajo preparatorio ha contado con varias Comisiones ad hoc, las cuales han realizado un magnífico trabajo, incluyendo temas económicos, de apoyo institucional, científicos y del programa social.

Estas actuaciones se han plasmado en dos documentos importantes presentados al Secretario Ejecutivo de la Asociación Internacional de Protección Radiológica. Uno de ellos se refiere a los aspectos económicos, en cuya preparación han intervenido varias personas, y, como es lógico, con un papel destacado de Pto Carmena, Tesorero de la SEPR. El segundo documento es la presentación de la propia Sociedad, los apoyos institucionales, el lugar propuesto para el Congreso y sitios alternativos, así como la presenta-

ción misma de la ciudad de Madrid como Sede con sus atractivos urbanos y paisajísticos, históricos y culturales, posibilidades de paseos, alojamiento, transporte, etc.

Así mismo, se ha incluido una propuesta de programa científico e incluso se ha propuesto el objetivo central del Congreso, el cual podría traducirse como "Ampliando el mundo de la protección radiológica" ("Widening the Radiation Protection World"). En la preparación de la propuesta, el denominado "Bid-Book", cuya portada se ilustra aquí, se ha contado con la colaboración inestimable del Ayuntamiento de Madrid (Patronato Municipal de Turismo), el cual, además, se ha hecho cargo de la edición del mismo.

La propuesta ha sido repartida a todos los miembros del Consejo Ejecutivo de IRPA, a los Presidentes de las Sociedades Europeas, y se piensa hacer llegar a todos los Presidentes de las Sociedades miembros del IRPA. Hay que destacar también la extraordinaria respuesta que han demostrado con sus escritos de apoyo el Ministro de Sanidad y Consumo, el Alcalde de Madrid, el Director de Investigación de la Comunidad de Madrid, los Gabinetes de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales, Industria y Energía, así como las máximas autoridades del Consejo de Seguridad Nuclear, CIEMAT, ENRESA y el Vicepresidente y Director General de UNESA.

Por otra parte, se destaca que la Junta Directiva de la SEPR ha ratificado la pro-

puesta de que el Congreso sea presidido por Leopoldo Arranz; como Secretario General se propone a David Cancio, como Secretario Científico a Eduardo Gallego y como Tesorera a María Teresa Ortiz.

No puede dejar de mencionarse que durante la celebración del Congreso IRPA-10 en el próximo mes de mayo en Hiroshima habrá un stand para promocionar la candidatura. También se ha obtenido el apoyo de la Embajada de España en Japón para proporcionar material turístico y una azafata bilingüe para atender el stand.

En las próximas semanas se completará un vídeo sobre la candidatura. Este vídeo se está componiendo con el aporte técnico del CIEMAT, basándose en el que ha sido preparado anteriormente, en otras aportaciones referidas a la ciudad sede así como al Palacio de Congresos de Madrid.

## VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica

Entre los días 27 a 29 del próximo mes de septiembre se celebrará el VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SERP). Gracias a la colaboración de entidades del sector y al escenario que proporcionan las Islas Canarias, se desarrollará un Congreso único en el que las sesiones científicas y los actos sociales se presentarán en un ambiente inmejorable.



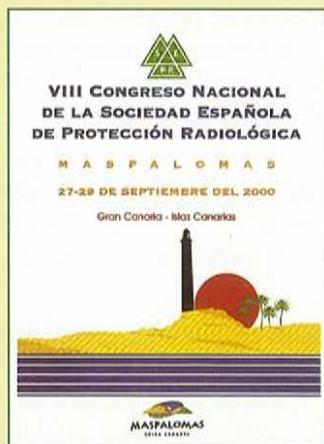
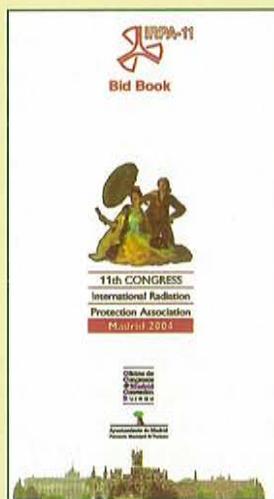
Conferencias, mesas redondas, presentación de protocolos y documentos, intercaladas con las sesiones orales de los comunicantes, sesiones posters y los cursos de actualización, serán el marco de este Congreso que presentará la Protección Radiológica en sus múltiples facetas.

## Renovación de los cargos de la Junta Directiva

En la Asamblea General a celebrar el próximo 27 de septiembre en Gran Canaria, tendrá lugar la renovación de cargos de la actual Junta Directiva. Los cargos a renovar son, Vicepresidente, Tesorero y dos Vocales. De acuerdo al Art. 13 de los Estatutos de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SERP), las candidaturas han de ser propuestas a la Junta Directiva con un mes de anticipación a la fecha anunciada para la Asamblea General, es decir, antes del 27 de agosto próximo, avaladas al menos con la firma de diez socios numerarios. A partir de esta fecha, y al menos quince días antes de la celebración de la Asamblea General, la Junta Directiva comunicará a los socios las candidaturas validadas. Las candidaturas son cerradas y su adaptación y elección están sujetas a los Art. 13 y 14 de los Estatutos.

## F e de Erratas

En la página 31 del número 23 de la Revista de RADIOPROTECCIÓN y dentro de la Tabla 4 sobre radiometría media correspondiente a diferentes provincias agrupadas según valores crecientes, aparece por error el siguiente dato: media(mR/h), que debe ser sustituido por media( $\mu$ R/h).



# Entrevista con **AGUSTÍN ALONSO** Consejero del CSN



*Nuestro entrevistado es Ingeniero Industrial, Licenciado en Químicas y Doctor en Físicas. Es catedrático de Tecnología Nuclear en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid y Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear. Fue Director del Departamento de Seguridad de la antigua Junta de Energía Nuclear (JEN) y Presidente de la Sociedad Nuclear Española.*

*Con el fin de que los lectores de Radioprotección tengan un mayor conocimiento del Consejo de Seguridad Nuclear, nos interesa abordar, en la siguiente entrevista, los principales objetivos de actuación del mismo, vistos por el Consejero entrevistado.*

## **INTRODUCCIÓN**

Las funciones del Consejo de Seguridad nuclear quedan reflejadas en el artículo 2º de la Ley 15/1980, ley de creación de este organismo que fue modificado en la Ley 15/1999 sobre Tasas y Precios Públicos. En el campo de la Protección Radiológica, el objetivo fundamental del CSN es garantizar que los trabajadores y el público en general no reciban dosis de radiación superiores a los límites establecidos. Además, en el Plan Estratégico del CSN, documento que se revisa periódicamente y cuya última versión es de 1999, se establecen líneas estratégicas referidas a los objetivos de actuación en el campo de la protección radiológica. Estas líneas estratégicas intentan completar y mante-

ner al día el desarrollo legal y normativo relacionado con la protección, desarrollar y aplicar el criterio ALARA en todas las instalaciones y todas las prácticas, optimizar los programas de vigilancia radiológica ambiental, mejorar la respuesta del Consejo ante una emergencia radiológica, y fomentar la investigación sobre cuestiones de radiobiología y dosimetría.

Con todo ello, quedan cubiertos y bien definidos los objetivos fundamentales en la actuación del Consejo respecto a la protección radiológica.

## **LÍMITES DE DOSIS Y LEGISLACIÓN**

La Comisión Internacional de Protección Radiológica ha establecido nuevos límites de dosis, que deben in-

corporarse a la legislación nacional en este año 2000. La situación de la transposición de esta Directiva a España es que, «al ser un miembro más de la Unión Europea y firmante del Tratado de Euratom, el Gobierno está obligado a transponer a su marco jurídico la directiva 96/29 antes del 20 de mayo de 2000. Esta transposición en sí afecta a tres piezas legislativas: el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y al propio Plan Básico de Emergencia Nuclear. Por lo tanto, estos tres documentos serán modificados.

»El primero de ellos, el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, tenía muchas carencias porque esta vigente desde el año 1972. Como empezó a ser revisado en 1995, antes de la aparición y aprobación de la



propia directiva, ha perdido parte de la terminología utilizada por ésta. Por ejemplo, el concepto de *práctica*, fundamental en la Directiva, no se llega a introducir plenamente, aunque sí se utiliza al introducir el concepto de *exención*.

»El Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes es el que tendrá modificaciones más sustanciosas. Sobre este Reglamento, a iniciativa del Ministerio de Industria se creó una comisión, a finales de 1997, con participación del Ministerio de Sanidad y Consumo, el Ministerio de Trabajo, la Dirección General de Protección Civil y del Propio Consejo de Seguridad Nuclear. Ese grupo de trabajo ha conseguido una versión, la octava, que está siendo sometida al proceso habitual de aprobación de un decreto. También ha sido sometida a la opinión de los sectores industriales interesados, incluyendo UNESA, ENRESA Y ENUSA, así como a la propia SEPR y otras sociedades profesionales. Creo que es una versión muy satisfactoria y significativa, que será aprobada pronto.

»El Congreso que la Sociedad Española de Protección Radiológica celebrará en Canarias puede que trate este documento de forma más detallada.

»Finalmente, el tercer documento que queda afectado por la Directiva es el Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN). El proceso de revisión comenzó a principios de 1999 bajo la Dirección General de Protección Civil con la colaboración del CSN, que ha elaborado un documento en el que fija los criterios radiológicos para definir medidas y acciones. Esos criterios radiológicos, de los que debo decir que estoy muy satisfecho, lógicamente siguen



Un momento de la entrevista. De izquierda a derecha Eduardo Sollet, Director de nuestra revista, Matilde Pelegrí, del Comité de Redacción, Agustín Alonso y Paloma Marchena, coordinadora de la revista.

el criterio de la Directiva y tienen que ser incorporados a una propuesta de nuevo Plan Básico de Emergencia Nuclear que tiene que redactar la Dirección General de Protección Civil y que, posteriormente, también pasará a ser comentado por los sectores interesados.

### **FACTORES DE RIESGO Y RELACIÓN LINEAL**

»Uno de los debates de mayor interés en el campo de la protección radiológica es el referente a los nuevos factores de riesgo y la relación lineal sin umbral. A mi siempre me ha interesado esta polémica. Todo empezó con la publicación de la ICRP-60 del año 1990, en la que se declaraba la existencia de bases científicas para creer que por debajo de 200 milisievert existía una relación lineal, sin umbral, entre dosis y riesgo en la que se debía basar la normativa. Los adeptos a tal *umbral*, e incluso los creyentes de un efecto beneficioso de la radiación a dosis muy pequeñas (la llamada *hormesis*), reaccionaron y surgió una especie de Guerra Santa entre los defensores de la hipótesis lineal sin umbral, mayoritariamente miembros y seguidores de la ICPR, y los de la hipótesis con umbral.

»Creo que la solución de este problema está muy lejos, porque no existe una base científica sólida, ni una evidencia experimental confirmada que apoye a una de las teorías o a la otra y tampoco cabe pensar que tal evidencia aparezca en un futuro próximo. Desde el punto de vista de la epimiología, por ejemplo, incluso los estudios más precisos, como los realizados por IARC, no han podido llegar a

una conclusión definitiva a causa de las numerosas variables que intervienen, como la radiosensibilidad de cada individuo y el efecto simultáneo de otros factores cancerígenos de difícil control.

»Existe una cierta esperanza, en la epimiología molecular, tema sobre el que existe un libro muy interesante llamado "Molecular Epidemiology. Principles and Practices" de Paul A. Schulte y Federica P. Perera editado por Academic Press, Inc.

»La epidemiología molecular, se aplica a otras enfermedades y funciona de la siguiente manera:

»Se ha podido comprobar que la aparición de ciertas enfermedades va precedida de determinadas moléculas precursoras cuya presencia en el individuo es una señal clara de la aparición posterior de la correspondiente enfermedad. Según esto, se está buscando un indicador, un precursor de la oncogénesis, pero no se ha encontrado hasta el momento. Por eso es preciso avanzar en el estudio de la oncogénesis producida por radiaciones ionizantes, antes de justificar cualquier hipótesis.

»Esta polémica científica que se está viviendo va a ser muy positiva porque está estimulando a las dos escuelas a encontrar la solución. La verdad es

que, en este campo concreto, se está viviendo el preámbulo de una revolución científica comparable a la que, en el pasado, enfrentó a los defensores de las teorías corpusculares y ondulatorias de la luz visible, por ejemplo o, más recientemente, a la revolución de la mecánica cuántica como teoría que puede explicar ciertos fenómenos físicos bien conocidos. Por cierto, y hablando de la mecánica cuántica, creo que, como la radiación tiene una naturaleza cuántica, debemos utilizarla como herramienta para observar qué ocurre en las moléculas de la célula viva, a nivel atómico y molecular, cuando sufre los efectos de la radiación.

En definitiva, creo que todo esto va a gestar, no sólo una solución de la polémica, sino algo más profundo, que tiene que ver con la propia esencia de la vida.»

### ACTUACIONES DEL CSN

El correcto funcionamiento de las instalaciones radiactivas, tanto en el campo de la protección radiológica como en los sectores industriales y médicos, es un punto muy importante dentro de las actuaciones del CSN y sobre el que Agustín Alonso explica:

«Existen alrededor de 1.300 instalaciones radiactivas autorizadas a las que se debe dar la importancia que merecen. Entre ellas, reciben una consideración especial las que se utilizan con fines médicos, en atención al fin al que se dedican.

«Tenemos cerca de 40 expertos, que se mantienen al día en lo que se refiere a última tecnología y procedimientos, que se dedican a la evaluación y



a la inspección de estas instalaciones. Estas nuevas tecnologías están recogidas en el informe sobre *Desarrollo Tecnológico en Materia de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica*, que el CSN edita cada dos años. Ante un número tan grande de instalaciones radiactivas, es lógico esperar comportamientos anómalos, que es necesario corregir y penalizar. Esta función la realiza el Consejo desde hace mucho tiempo y, recientemente, la ley 15/1999 permite al CSN dictar apercibimientos y establecer medidas correctivas de forma directa.

«Además, internamente, el CSN ha creado el *Comité de Revisión de Expedientes Sancionadores (CRES)*, que está revisando el capítulo 14 de la Ley Nuclear con el objeto de esquematizar mejor y con más precisión todos los motivos de posible sanción a instalaciones radiactivas, con objetividad y justicia. También tenemos un Panel de Revisión de Incidentes (PRI), que analiza las lecciones aprendidas en tales incidentes.

«Por otra parte, el CSN ha establecido *acuerdos de encomienda* de estas funciones con algunas Comunidades Autónomas, destacando por su veteranía y amplitud de funciones la que se mantiene con la Generalitat de Cataluña, acercándose así más a la evaluación y la inspección a estas instalaciones.»

### EL PLAN DE I+D

Nuestro entrevistado hace especial hincapié en las actuaciones del Plan de I+D del Consejo de Seguridad Nuclear en materia de protección radiológica.

«Los objetivos y proyectos concretos de la investigación referidos a la protección radiológica están englobados

en el *Plan Quinquenal de Investigación del CSN*, que se revisa cada dos años y cuya última edición es de 1999. Entre ellos, hay una vertiente dedicada exclusivamente a los aspectos de la investigación en radiobiología, que el Consejo debe apoyar. Por otro lado, también hay otra vertiente dedicada a las técnicas dosimétricas, entre las que se incluye la biológica, instrumental y retrospectiva, que engloba a todo tipo de radiaciones, alfa, beta, gamma y, sobre todo la neutrónica, que creemos no ha sido contemplada lo suficientemente bien en España y estamos apostando por que se haga. También consideramos todo tipo de situaciones tanto en las instalaciones nucleares, como en las radiactivas y en el medioambiente (como es, por ejemplo, el programa de determinación del radón en viviendas).

«Tras analizar con bastante profundidad y seriedad la experiencia acumulada durante los últimos cinco años, hemos llegado a la conclusión de haber estado algo dispersos en lo que se refiere a crear y mantener una infraestructura que nos dé un soporte adecuado para circunstancias normales y, sobre todo, en caso de emergencia. Es decir, debemos tener procedimientos dosimétricos ágiles y comprobados, que resuelvan emergencias. Por ello, hemos acordado, y es lo que se está haciendo en este momento, revisar el



*Plan Estratégico del CSN* en lo que se refiere a la investigación con el objetivo de poner más énfasis en la creación y mantenimiento de estas infraestructuras, que en el tema de la dosimetría, en sus más variados aspectos, pueda resolver los problemas del día a día y los problemas en caso de emergencia. Esto es, en este momento, lo esencial del Plan.»

## **COOPERACIÓN INTERNACIONAL**

La cooperación internacional es fundamental en todas las áreas de la industria y la tecnología. Agustín Alonso explica la actuaciones del organismo regulador español, es decir el CSN, con organizaciones similares en otros países de la siguiente manera:

«La cooperación internacional tiene tres direcciones.

1) La que apunta hacia los organismos internacionales, en especial el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Agencia de Energía Nuclear de la OECD (NEA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

2) La que depende de la Comisión Europea a través del Tratado de Euratom.

3) Las que se establece bilateralmente con otros países.

En mi opinión, las colaboraciones más importantes son las que se establecen con los organismos internacionales. El Consejo canaliza las actividades del país en los múltiples programas del OIEA, del que destaca, en este momento, el gran programa de desarrollo normativo en protección radiológica, que está siendo muy fructífero. El CSN ostenta también la representación de España en el prestigioso Comité de Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH) de la NEA, que incluye altas representaciones científicas y administra-

tivas de los países miembros de la NEA, que ejecutan las funciones establecidas a través de Grupos de Trabajo, que en este momento están siendo reconsiderados para aumentar su eficacia. Es interesante constatar que va en aumento la presencia española en distintos grupos de trabajo de la ICRP.

»Por otra parte, al ser España miembro de la UE y firmante del Tratado de Euratom, el CSN participa en todos los grupos de trabajo relacionados con la protección radiológica, destacando, en especial, el que se refiere a los artículos 35 y 36, sobre vigilancia radiológica ambiental, y al 37 sobre evacuación de residuos al medio ambiente procedentes de instalaciones. Por cierto, que como respuesta a las demandas de los artículos 35 y 36, el Consejo está consolidando la llamada *red densa* de vigilancia, que incluye 18 cátedras universitarias con programas de protección radiológica, repartidas por todo el territorio nacional, y la creación de una *red espaciada* con cinco estaciones, todo ello dentro de un presupuesto especial, obtenido de los presupuestos generales del Estado a través del Ministerio de Industria y Energía.

»Finalmente, en el campo bilateral de cooperación con otros países, se han establecido acuerdos formales con el NRPB del Reino Unido, y el SSI de Suecia, si bien se mantienen también relaciones informales con el IPSN de Francia y con organismos de protección radiológica de otros países.»

## **CSN Y COMUNICACIÓN**

Teniendo en cuenta la importancia que la opinión pública tiene en una sociedad en la que la información es un elemento vital en todos los campos, el Consejo de Seguridad Nuclear desempeña un importante papel en este campo, como punto de referencia para la sociedad en su conjunto.

«Es requisito de la ley 15/80 que el CSN emita un informe anual al Congreso de los Diputados y al Senado con el objetivo de señalar el nivel de seguridad y de la protección radiológica de las instalaciones, incluyendo un análisis de los incidentes o anomalías que hayan ocurrido en las mismas. Además, el precepto legal obliga al Consejo a informar a la opinión pública con la periodicidad que estime necesario.

Para cumplir mejor con el Parlamento, el CSN ha establecido una Ponencia interna encargada de revisar el contenido del informe anual, (hasta 1998 este informe era semestral), y de establecer un procedimiento para su mejor confección. Existe también un procedimiento para constatar adecuadamente a las resoluciones de la Ponencia de Industria, Energía y Turismo del Congreso, encargada de revisar los informes del Consejo de Seguridad Nuclear.

Tiene, además, el CSN una asesoría de Información y Comunicación, así como procedimientos internos que consideran las circunstancias que requiere la información pública, generalmente a través de notas o conferencias de prensa, y cuenta con una página en internet en la dirección [www.csn.es](http://www.csn.es). Además, el servicio permanente del SALEM está en condiciones de contestar a cualquier pregunta o información adicional que solicite cualquier miembro de los medios de comunicación o del público.

»El Consejo ha abierto, desde octubre de 1998, un Centro de Información, que en un espacio de 350m<sup>2</sup> expone, en módulos interactivos, los aspectos fundamentales de la radiación, las aplicaciones de la energía nuclear, la seguridad, la protección radiológica, el tratamiento de residuos y las funciones del propio Consejo. Este centro está siendo visitado por numerosos estudiantes y ciudadanos.»

# Perspectivas para la protección del Medio Ambiente en la legislación de Protección Radiológica de la UE

A. Janssens\*

Comisión Europea. Dirección General de Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil

## RESUMEN

El Tratado de EURATOM constituye la base de la legislación sobre protección radiológica en la UE. En este trabajo se discute hasta que punto el Tratado ofrece una base legal para la protección del medio ambiente natural. Se explica la incorporación en la legislación medio ambiental general de medidas relacionadas con el ciclo de combustible nuclear o con sustancias radiactivas, así como las posibles implicaciones de convenciones internacionales apoyadas por la Unión Europea. La Comisión Europea está desarrollando un enfoque global del análisis de riesgos para la protección de la salud, de los intereses de los consumidores y del medio ambiente. Se examina hasta que punto la consideración del impacto de la radiación en el medio ambiente natural se ajusta al contexto general y si los principios fundamentales de la protección radiológica clásica son aplicables al biota. Se presta una especial atención a situaciones en las que niveles altos de radioactividad medioambiental harían necesaria la intervención.

## SUMMARY

The basis of EU radiation protection legislation is the EURATOM Treaty. It is discussed whether the Treaty offers a legal basis for the protection of the natural environment. The incorporation of provisions pertaining to the nuclear fuel cycle or to radioactive substances in general environmental legislation is explained, as well as the possible implications of international conventions subscribed by the European Union. The European Commission is in the process of developing an overall approach to risk analysis for the protection of health, consumer interests, and the environment. It is examined to what extent the consideration of the impact of radiation on the natural environment fits in the overall framework and whether the principles underlying classical radiation protection are applicable to biota. Specific attention is given to situations where high levels of environmental radioactivity would require intervention.

## TRATADO DE EURATOM

El Tratado, estableciendo la Comunidad Europea de Energía Atómica (Roma, 1957) fue uno de los tres pilares para la creación de la Unión Europea (6 Estados Miembros en 1957, actualmente 15, estando en ne-

gociación la adhesión de los países de la Europa Central y del Este). El principal objetivo era "contribuir a la mejora de la calidad de vida de los Estados Miembros y al desarrollo de relaciones con otros países, mediante la creación de las condiciones necesarias para el rápido establecimiento y

crecimiento de las industrias nucleares". Actualmente la promoción de la energía nuclear ya no está en vanguardia.

El Artículo 2b del Tratado determina que la Comunidad debe "establecer normas de seguridad uniformes para proteger la salud de los trabajadores y

\* Este trabajo refleja la opinión personal del autor. A pesar de que el trabajo se ha basado en gran medida en documentos internos e informes elaborados por distintos servicios de la CE, ninguna de las partes de este trabajo puede ser considerada como una posición definitiva de la Comisión Europea.



del público en general y asegurarse de que dichas normas son aplicadas". Esta especificación fue durante más de 40 años la base de la legislación de protección radiológica y de actividades relacionadas en la UE, tal y como se recoge en el Capítulo III del Tratado, "Salud y Seguridad".

El principal objetivo de la protección radiológica bajo el Tratado de Euratom es la protección de las personas (trabajadores y miembros del público). Sin embargo, cuatro artículos del Capítulo III (35-38) se refieren directamente a los niveles de radiactividad en el medio ambiente ("aire, agua y suelo"). El artículo 35 insiste en que "cada Estado Miembro establecerá las instalaciones necesarias para realizar un control continuo del nivel de radiactividad en aire, agua y suelo y para asegurar la conformidad con las normas". La palabra "y" está subrayada porque implica que el control de la radiactividad medio ambiental no sólo tiene que ver con la protección de las personas, sino que es, en cierta medida, un requerimiento en su propio beneficio. Sin embargo, ésta no es una interpretación sencilla y cualquier borrador de legislación sobre la protección del medio ambiente natural contra la radiación ionizante estaría sujeto a una revisión jurídica en lo que se refiere a su base legal.

De hecho, durante las pasadas décadas las acciones relacionadas con la radiactividad medioambiental se preocupaban exclusivamente de la protección de las personas, tratando al medio ambiente únicamente como una ruta de exposición. A pesar de que se han utilizado términos tales como "protección del medio ambiente", éste implícitamente seguía estando en el angosto contexto arriba mencionado. Por

ejemplo, en el artículo 47 de las nuevas Normas Básicas de Seguridad (Directiva del Consejo 96/29/EURATOM), donde se listan las responsabilidades de las empresas, se incluye (en el punto 1a): "alcanzar y mantener un nivel óptimo de *protección del medio ambiente* y de la población", pero "de acuerdo con los principios de *protección de la salud de la población* en el área de protección radiológica".

También se considerará la cuestión de si el Tratado de Euratom es la base legal apropiada para la protección del medio ambiente natural, considerando que existen diferencias en el procedimiento seguido para la aprobación de una legislación bajo el Tratado de Euratom y bajo el Tratado de Amsterdam (1997) (de la UE). Bajo el Tratado de Euratom, el Parlamento Europeo tiene una función meramente asesora. Actualmente, su papel es mucho más fuerte en otras áreas (procedimientos de co-decisión, ...).

## **OTRA LEGISLACIÓN**

### ***Evaluación del impacto ambiental***

Las instalaciones relacionadas con el ciclo de combustible nuclear, están dentro del ámbito de la Directiva de Impacto Medioambiental (EIA) (85/337/EEC, modificada por la Directiva 97/11/EC) y en particular instalaciones:

- para el reprocesamiento de combustible nuclear irradiado y el procesamiento de combustible nuclear irradiado o residuos de alta actividad,
- para la producción o enriquecimiento de combustible nuclear,
- para el almacenamiento final de combustible nuclear irradiado y residuos radiactivos, incluyendo el almace-

namiento en un lugar diferente al lugar de producción (previsto para más de 10 años).

No está del todo claro si los tipos de instalaciones arriba mencionados han sido seleccionados en base a su potencial para producir emisiones radiactivas o en base al tipo de operación, teniendo en cuenta la sensibilidad de la opinión pública a las operaciones nucleares.

El impacto de las emisiones radiactivas al medio ambiente natural para este tipo de instalaciones no se trata de forma explícita en la Directiva EIA. Tales efectos deben sin embargo examinarse si son identificados en cualquiera de las etapas de la evaluación o de consulta pública.

### ***Contexto de la Directiva sobre Agua***

El objetivo global de un borrador de la Directiva del Consejo, que establece un marco para la acción Comunitaria en relación con la política del Agua, es proteger las aguas superficiales (lagos, ríos, etc.), las aguas de las costas y las aguas subterráneas, para mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres, que dependen de los anteriores en cuanto a sus necesidades de agua. Contribuye a atender las necesidades de un suministro suficiente de aguas superficiales y subterráneas de buena calidad, cuando sea necesario para un uso sostenible y equitativo del agua y a la protección de aguas continentales y marinas. La calidad de las aguas superficiales se expresa en términos del estado ecológico. Este concepto comprende, además de elementos hidromorfológicos y físico-químicos y contaminación por contaminantes específicos, el estado de los elementos biológicos.

Éste último incluye la composición y abundancia de flora acuática y fitoplancton, de fauna de invertebrados bentónicos y de fauna de peces. La estructura de edad de la fauna de peces se considera como una medida de los factores que afectan la fertilidad.

En la terminología de esta Directiva, "contaminante" significa cualquier sustancia sujeta a causar contaminación. Existe una lista indicativa de los principales contaminantes en la que se incluyen aquellas sustancias que han mostrado tener propiedades carcinogénicas o mutagénicas o propiedades que pueden afectar la reproducción. Está claro que las sustancias radiactivas pueden ser consideradas como pertenecientes a esta categoría. "Contaminación" significa, en este contexto, la aparición como resultado de actividades humanas de sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud de las personas o para la calidad de los ecosistemas o que pueden interferir con sus usos lúdicos u otros usos legítimos del medio ambiente.

La Comisión establecerá una lista prioritaria de sustancias para las que será necesario adoptar medidas específicas. Para tomar dichas medidas, las sustancias se clasificarán según prioridades en base del riesgo para o a través del medio ambiente acuático (incluyendo la preocupación por el agua potable), tal y como se identifique mediante la valoración del riesgo realizada según los términos de la legislación de la CE (Regulación 793/93, Directivas 91/414 y 98/8), o por un proceso simplificado basado en principios científicos considerando el riesgo intrínseco de la sustancia y las evidencias obtenidas por el seguimiento o por otros factores que indiquen la posi-

bilidad de una contaminación medioambiental global.

Por supuesto, el riesgo intrínseco de sustancias radiactivas está bien establecido, al menos para la exposición de personas a través de rutas acuáticas y ciertamente hay evidencias de contaminación medioambiental global, si bien ésto refleja más la capacidad de realizar un seguimiento sensible que la transcendencia de estos contaminantes. En este momento no se propone incluir en la lista de prioridades a las sustancias radiactivas, pero dicha lista está sujeta a un proceso de revisión que durará seis años.

Se está considerando si el procedimiento para establecer las normas de calidad química para los principales contaminantes, es aplicable a las sustancias radiactivas. Este procedimiento se basa en la disponibilidad de datos (tanto para exposición aguda como crónica) para un "grupo principal" que representa tres niveles tróficos de taxones: algas y/o macrófitos, dafnia u organismos representativos de agua salada, y peces. Los factores de seguridad se establecerán en un rango de 10 a 1.000 cuando los datos experimentales o los modelos no permitan aplicar valores más precisos. El factor de seguridad es proporcional a la escasez de datos, aplicándose el factor 1.000 en aquellos casos en los que únicamente se dispone de datos de exposición aguda (uno por cada nivel trófico) y el factor 10 en aquellos casos donde se dispone de valores NOEC (concentraciones que no producen efecto) para exposiciones crónicas, en al menos tres especies pertenecientes a niveles tróficos diferentes.

La aplicabilidad de este esquema a sustancias radiactivas necesita ser examinada no sólo en términos de datos

disponibles (e identificación de especies representativas), sino también considerando que, de forma similar a otras sustancias genotóxicas o carcinogénicas, se asume que no hay NOEC para este tipo de efectos. La protección radiológica de las personas se basa esencialmente en la hipótesis de no-umbral (extrapolación lineal) para la inducción de cáncer. Los efectos carcinogénicos en otras especies pueden tener factores de riesgo algo diferentes a los correspondientes a humanos, pero no hay razón para pensar que la hipótesis de no-umbral no deba aplicarse. Por otra parte, dichos efectos serán importantes únicamente si afectan de forma significativa la supervivencia, crecimiento y producción del ecosistema acuático. Es muy probable que no haya efectos estocásticos de este tipo detectables.

## **CONVENCIONES INTERNACIONALES**

### **La Cumbre de Río**

La Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992) sigue siendo una referencia importante para el desarrollo de políticas medioambientales en la UE. Las cuestiones clave enfatizadas en la Cumbre son el desarrollo sostenible y la biodiversidad.

El concepto de desarrollo sostenible parecería no tener implicaciones inmediatas para la gestión de emisiones radiactivas, considerando el hecho de que las emisiones actuales son tan bajas como para excluir cualquier efecto que no sea de tipo local. Para la mayoría de radionúclidos, el impacto es además reversible en el sentido de que por decaimiento radioactivo la actividad disminuirá con el tiempo. Para radionúclidos de periodo largo (por ejemplo el



C-14) uno puede examinar si el actual ritmo de emisión puede mantenerse durante largos periodos de tiempo. Aunque en principio es posible una extrapolación matemática, ésta no parece rendir resultados muy significativos sobre el detrimento para la salud de las personas y menos aún para el biota.

El impacto global de las emisiones radiactivas se debería poner en perspectiva con respecto a la radiación natural medioambiental. El C-14 también se produce por la interacción de los rayos cósmicos en la atmósfera superior. Los radionúclidos emisores alfa de periodo largo pueden por ejemplo acumularse en sedimentos, pero parece no haber una razón para distinguir entre los posibles efectos perjudiciales sobre el biota de éstos y de aquellos causados por los productos procedentes de las cadenas naturales de decaimiento de U-238 y Th-232.

Un argumento similar aplicaría a la biodiversidad. Si se limitan las emisiones para asegurar que no existen efectos importantes en el tamaño de las poblaciones de las especies en un ecosistema, entonces la biodiversidad está protegida. Uno podría argumentar que además de la supervivencia y la fertilidad de las especies, es necesario determinar la importancia de la inducción de mutaciones genéticas para especies vulnerables. No parecería relevante considerar modificaciones genéticas, per se, como una amenaza para la biodiversidad. Las mutaciones espontáneas son un prerrequisito para la evolución, incluyendo las mutaciones inducidas por la radiación natural. La vida en la tierra se ha desarrollado con un fondo de radiación alto y continuará siendo así. El incremento marginal de los niveles de radiación debido

a fuentes artificiales, probablemente no es importante.

### **La Convención de OSPAR**

La Comisión Europea siempre ha estado plenamente comprometida para desempeñar un papel activo y constructivo en el trabajo de OSPAR (Oslo-Paris Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic). La reunión Ministerial de la Comisión del OSPAR en Sintra (Portugal) durante los días 22-23 de julio de 1998 acordó una estrategia para sustancias radiactivas.

Se acordó reducir progresiva y sustancialmente "descargas, emisiones y pérdidas de sustancias radiactivas, con el objetivo final de llegar a concentraciones en el medio ambiente próximas a los valores de fondo para sustancias radiactivas naturales o próximas a cero para sustancias radiactivas artificiales". Para alcanzar este objetivo, los siguientes puntos deben, inter alia, ser tenidos en cuenta:

- usos legítimos del mar,
- viabilidad técnica,
- impactos radiológicos a las personas y al biota.

El objetivo es alcanzar para el año 2020 una reducción en las emisiones de sustancias radioactivas tal, que concentraciones adicionales en el medio ambiente marino (por encima de niveles históricos) estén próximas a cero.

Los conceptos "próximo a cero" y "cerca de valores de fondo" están relacionados con objetivos políticos más que con objetivos técnicos y por supuesto necesitan ser definidos con más detalle. Con este propósito, la Comisión de la OSPAR "emprenderá el desarrollo de criterios de calidad ambiental para la protección del me-

dio ambiente marino frente a efectos perjudiciales de sustancias radiactivas y realizará un informe de progreso en el 2003".

La fecha límite mencionada está muy próxima, en particular para la inclusión de la protección del biota en los criterios de calidad.

La CE se esfuerza por aumentar su compromiso en OSPAR con objeto de asegurar que las estrategias de OSPAR son implantadas de tal manera que son mutuamente apoyadas por los programas de la CE y OSPAR. Sin embargo, OSPAR no es un foro regulador y la aprobación de la Declaración de Sintra no viola el derecho de la CE de tomar la iniciativa para proponer una legislación medioambiental en la CE.

### **ANÁLISIS DE RIESGOS**

#### **Identificación del riesgo**

El punto inicial del análisis es la identificación de que una práctica o sustancia representa un peligro para la salud de las personas o del medio ambiente. Una práctica (actividad industrial en general o en el sentido específico del término en protección radiológica) puede identificarse como tal en base a:

- evidencias obtenidas en estudios epidemiológicos o medioambientales,
- la naturaleza de los efluentes actuales o potenciales,
- la seguridad de la instalación.

Una sustancia puede identificarse en base a:

- las propiedades físico-químicas de la sustancia,
- su comportamiento en el biota, incluyendo a nivel celular y molecular,
- experimentos de laboratorio o (excepcionalmente) de campo,

- por analogía a otras sustancias similares conocidas (las sustancias nuevas no estudiadas pueden ser consideradas, a priori, peligrosas).

Aquellas prácticas que son parte del ciclo de combustible nuclear representan un riesgo, considerando las grandes cantidades de radionúclidos almacenadas y siendo su potencial liberación accidental causa de daños severos (esencialmente para la salud humana); prácticas tales como el procesamiento del combustible usado han sido identificadas en base a la magnitud relativa de las emisiones radiactivas. En algunos casos, estudios epidemiológicos realizados alrededor de instalaciones nucleares han indicado la posibilidad de un detrimento imprevisto para la salud. Ninguno de estos hallazgos epidemiológicos ha sido hasta el momento confirmado y muchos han sido invalidados como resultado bien de su revisión o de investigaciones adicionales. Es importante destacar que hasta el momento ninguno de los estudios medioambientales ha aportado indicación alguna de detrimento en el biota o los ecosistemas como consecuencia de emisiones radiactivas.

No obstante, las sustancias radiactivas sin duda representan un riesgo para las personas. La radiación ionizante emitida produce daño a nivel celular y puede dar lugar a efectos deterministas a dosis altas y a efectos carcinogénicos y mutagénicos incluso a dosis bajas. De forma similar, no se puede excluir un detrimento en el biota. Por esta razón es necesario realizar una evaluación del riesgo (consideración del detrimento para una población del biota y frecuencia del acontecimiento, en lugar de probabilidad de que éste tenga lugar).

### **Valoración del riesgo**

El propósito de la valoración del riesgo es proporcionar un análisis documentado de las evidencias científicas para medir o estimar el riesgo e identificar factores que lo influyen. Los científicos, en su valoración de la estimación del riesgo para la salud o el medio ambiente, tienen que considerar los datos científicos disponibles, los cuales en muchos casos pueden no ser concluyentes. Por tanto, existe un cierto nivel de incertidumbre inherente al proceso de valoración del riesgo. Para poder extrapolar el riesgo determinado a partir de los datos disponibles, es necesario hacer presunciones. En algunos casos puede ser apropiado seguir un enfoque conservador en el que se incluyan márgenes de seguridad, con objeto de obtener un límite superior de la estimación del riesgo. En otros casos puede ser mejor indicar la estimación del riesgo junto con las presunciones hechas y la naturaleza y grado de incertidumbre. Ésto deja la decisión final en manos del gestor del riesgo, el cual puede aplicar el Principio Precautorio, teniendo en cuenta la incertidumbre y la posible severidad y naturaleza irreversible del detrimento.

El riesgo para la salud derivado de la exposición de las personas a radiación ionizante se conoce bastante bien. Se ha definido una magnitud física medible para expresar el detrimento de la salud: dosis absorbida (unidad Gy). Se han establecido umbrales en términos de dosis para efectos deterministas directos. Para los efectos estocásticos tardíos los factores de riesgo se han obtenido en base a un análisis detallado de las escasas pero suficientes evidencias existentes (esencialmente del seguimiento epidemiológico de

Hiroshima-Nagasaki). Los factores de ponderación de la radiación y los factores de ponderación de los tejidos han sido aplicados para obtener una magnitud que es una expresión directa del detrimento para la salud (unidad Sv). Para radionúclidos dispersos en el medio ambiente, hay modelos detallados validados para cuantificar la transferencia en la biosfera y la entrada en el hombre, por ejemplo a través de la cadena alimenticia. Se han establecido modelos metabólicos con objeto de determinar, para todos los radionúclidos, la dosis por unidad de incorporación (coeficientes de dosis). La evaluación científica incluye una aplicación implícita del principio precautorio: la hipótesis de que la probabilidad de que ocurran efectos estocásticos es proporcional a la dosis, incluso a bajas tasas de dosis, es apoyada por pocas evidencias y la extrapolación a dosis muy bajas es incierta. No obstante, se considera que esta hipótesis, posiblemente conservadora, es necesaria para que exista un sistema de control regulador adecuado y coherente, que asegure la protección de los trabajadores y de los miembros del público.

El detrimento del biota por la exposición a radiaciones ionizantes también es bien conocido. Experimentos de laboratorio y de campo han proporcionado muchos datos sobre detrimento directo apreciable en muchas especies de animales y plantas, aunque sólo a dosis y tasas de dosis altas (efectos deterministas). Existen menos datos disponibles sobre posibles efectos de dosis bajas (fertilidad, modificaciones genéticas). La mayor incertidumbre, sin embargo, está relacionada con la identificación de los efectos relevantes (biota individual, poblaciones, ecosistemas). En estas áreas se ha realizado menos



investigación que en el caso de exposición de seres humanos, lo que subraya la opinión general de que las personas son más sensibles a radiación que cualquier otra especie y el paradigma ético de que los seres humanos merecen protección a nivel de individuo en mucho mayor grado que el biota.

La existencia de incertidumbres o incluso la ausencia de estimaciones cuantitativas del riesgo para daño medioambiental, puede llevar al gestor del riesgo a aplicar el Principio de Precaución. Es por tanto importante que, cuando sea apropiado, los datos científicos se presenten al gestor del riesgo en términos sencillos. Específicamente, la opinión de que en general no hay efectos en los ecosistemas debe estar mejor documentada y deben describirse situaciones en las que esta opinión sea validada de forma inequívoca.

Por ejemplo, se puede afirmar que los detrimentos al biota no son preocupantes en los siguientes casos:

- los humanos son parte del ecosistema y los niveles de radiactividad en el medio ambiente están controlados para la protección del hombre;

- el ecosistema constituye un importante aporte en la alimentación de las personas;

- los niveles de exposición son bajos en comparación con el fondo radiactivo natural y la incorporación de radionúclidos por parte del biota es baja comparada con la de los radionúclidos naturales;

- en el caso de emisiones radiactivas, la concentración en el efluente es suficientemente baja y las condiciones de dispersión son tales que aseguran que, aunque no puede descartarse un efecto en el biota próximo al punto de emisión, la extensión espacial y temporal

de la región afectada es muy pequeña comparada con el rango biológico de las especies.

### **Gestión del riesgo**

Éste es el proceso de sopesar procedimientos alternativos para aceptar, minimizar o reducir el riesgo estimado, e implantar opciones adecuadas dirigidas a alcanzar un nivel aceptable de protección para la salud y el medio ambiente. La aceptación del riesgo es una cuestión científica únicamente si el efecto está claramente identificado y es posible una comparación objetiva con otros riesgos aceptados. Sin embargo, la función de la ciencia tiene limitaciones inevitables. La tolerancia de la sociedad frente a un riesgo no puede expresarse en términos cuantificables simples. Ésto es cierto en relación con la salud (estilo de vida frente a riesgos impuestos) y en lo que respecta al medio ambiente (en donde factores culturales, éticos y de otro tipo juegan un papel en la valoración de las prestaciones del medio ambiente). Aunque el proceso de gestión del riesgo es esencialmente político, es importante garantizar que el resultado de dicho proceso se obtiene de la manera más objetiva y transparente posible.

La aplicación del Principio Precautorio puede ser relevante en situaciones en las que es posible un riesgo severo para la salud o el medio ambiente, pero en las que existen insuficientes datos científicos como para llegar a una estimación exacta del riesgo. El Principio de Precaución se aplicará en las siguientes situaciones:

- hay indicaciones de posibles daños severos o irreversibles para la salud o el medio ambiente;

- no hay un beneficio demostrable de la exposición al riesgo o dicho beneficio es muy pequeño.

La segunda situación es muy relevante en casos en donde la exposición puede ser evitada, por ejemplo, a través de controles de los alimentos o mediante información del consumidor de las posibles consecuencias de la exposición. Esta aproximación no puede aplicarse a la protección del medio ambiente, ya que la exposición del biota no puede ser controlada, pero puede evitarse, en principio, la actividad humana que produce la contaminación ambiental.

Por tanto uno puede argumentar que el primer principio de la protección radiológica, la justificación de una práctica, podría extenderse a consideraciones medioambientales y en algunos casos a la aplicación del Principio Precautorio. Este es un paso que únicamente debería darse con gran prudencia. En el proceso político de toma de decisiones, pueden prevalecer la percepción del riesgo y la aversión del público hacia ciertas categorías de actividades (por ejemplo la energía nuclear).

Para la protección de la salud, el principio de justificación se aplica a situaciones de intervención y a aplicaciones médicas y menos frecuentemente a prácticas, excepto aplicaciones frívolas (por ejemplo radioactividad en adornos personales). Para la protección del biota sólo sería aplicable si las opciones se consideran con un efecto muy diferente sobre el hombre y el biota (por ejemplo la disposición geológica frente al vertido en fosas marinas).

El segundo principio de protección radiológica, la optimización de la protección o la intervención, es la cuestión

clave en protección operacional. Las dosis han de ser tan bajas como razonablemente sea posible (As Low As Reasonably Achievable; ALARA) teniendo en cuenta consideraciones sociales y económicas. En el caso de la protección de la salud de las personas, esto requiere un equilibrio entre el coste para reducir la exposición y el beneficio en términos de reducción del detrimento para la salud evitados. Esto implica una valoración monetaria del detrimento. A pesar del dilema ético que supone fijar el valor de una vida humana, hay un amplio consenso en cuanto al rango de valor monetario establecido para una exposición evitada.

En el caso del biota, la cuestión esencial es si se puede asignar un valor intrínseco a la naturaleza. Si éste no es el caso, la optimización debería proceder únicamente en términos de efectos económicos para el hombre: su capacidad de explotar los recursos naturales de forma sostenible. Sin embargo, un enfoque puramente económica no es suficiente: cada vez más, la naturaleza no se ve meramente como un recurso para la producción de bienes, sino que están volviéndose más importantes otras prestaciones (valor paisajístico, estado virgen del medio ambiente). En relación con la radioactividad medioambiental, merece una consideración específica el hecho de que los radionúclidos pueden detectarse a niveles muy bajos y, por tanto, puede hacerse un seguimiento de ellos a escala mundial. A pesar de que el detrimento asociado probablemente es cero y la contaminación no es detectable por los sentidos humanos, algunas personas pueden encontrar intolerable el hecho de conocer que existe una contaminación radioactiva general. Parecería por tanto que

para la protección del medio ambiente un análisis coste-beneficio está muy lejos de la responsabilidad de las recomendaciones de protección radiológica.

El tercer principio de la protección radiológica es la limitación de dosis. Los límites de dosis están fijados por debajo de unos umbrales para efectos deterministas y a cierto nivel de riesgo "tolerable" (y la dosis correspondiente) para efectos estocásticos. El establecimiento de los límites de dosis para efectos estocásticos es esencialmente una cuestión de equidad: una mera optimización podría cambiar el equilibrio entre riesgo y detrimento entre individuos. En el caso del biota, parece que no hay una ética de equidad individual. Así, los efectos (letalidad, fertilidad) sólo son considerados si se ven afectadas poblaciones, para aquellas especies que son importantes en los ecosistemas.

Una valoración detallada de posibles efectos en ecosistemas estaría mayoritariamente injustificada por el detrimento esperado. Para simplificar y con objeto de poder demostrar que existe conformidad con los requerimientos reguladores, los límites pueden introducirse para especies de referencia o críticas, en términos de exposición o en términos de concentraciones medioambientales de radionúclidos (por ejemplo Concentraciones de No Efecto). Debe tenerse en mente que si bien esos límites tienen valor como herramienta de investigación, no deberían tener la misma importancia que los límites de dosis individuales para las personas.

### **Comunicación del riesgo**

La comunicación del riesgo es un proceso interactivo de intercambio de

información y opinión sobre el riesgo, entre los asesores del riesgo, los gestores del riesgo y otras partes interesadas (por ejemplo consumidores). Los grupos de presión ecologistas y el público en general ha de estar informado del riesgo o de la ausencia de riesgo. El proceso de toma de decisiones, incluyendo la valoración científica y la razón para aplicar el Principio Precautorio, necesita ser transparente. Una cuestión importante es hasta que punto una percepción del riesgo necesita, a priori, ser tenida en cuenta en la toma de decisiones. En aquellos casos en los que la conclusión es contraria a la percepción general, la justificación es responsabilidad de los que toman las decisiones.

Controlar y revisar el estado del medio ambiente es importante para asegurar que se cumplen los requerimientos. Con respecto a la radiactividad medioambiental es apropiado realizar un control extenso. En muchas áreas de protección del medio ambiente se han definido indicadores ("pressure indicators") para controlar tendencias y conclusiones. En el contexto de protección radiológica es muy difícil tener un indicador significativo. La dosis colectiva (para el género humano) para periodos de tiempo muy largos, puede ser un parámetro relevante en términos de "sostenibilidad", pero no constituye un indicador de riesgo para el medio ambiente. En general, la identificación de un indicador apropiado debería ser el resultado del análisis del riesgo y se debería estar en contra de introducir indicadores de forma prematura.

La opinión general en la comunidad de protección radiológica es que la práctica actual no produce daño en el medio ambiente, pero hay que tener



muy en cuenta que esta hipótesis debería ser validada.

### **SITUACIONES DE INTERVENCIÓN**

Los niveles altos de radionúclidos artificiales en el medio ambiente no pueden ser el resultado de las prácticas actuales para las que las emisiones radioactivas están sujetas a control regulador. Los niveles altos sólo están relacionados con el almacenamiento de residuos y con emisiones acontecidas en prácticas pasadas (por ejemplo la producción de armas) y con liberaciones accidentales (Chernobyl, Kyshtym). Dichas situaciones se tratan como situaciones de intervención en protección radiológica. En esos casos, los límites de dosis no son necesariamente aplicables y la cuestión es si deben tomarse acciones reparadoras para restablecer niveles bajos de contaminación, reducir el impacto sobre la salud de las personas o mejorar las condiciones de vida.

La acción reparadora, respecto a radioactividad medioambiental, es propensa a causar importantes daños en el medio ambiente. Operaciones de limpieza por medios físicos pueden eliminar la capa fértil superior del suelo, los medios químicos pueden ser tóxicos para plantas y animales. La acción reparadora para reducir la exposición de las personas puede, por tanto, causar un perjuicio significativamente mayor al ecosistema que el producido por la exposición de la biota.

Ésto puede incluso ser cierto en aquellos casos en los que el medio ambiente contaminado es abandonado y las personas que allí habitan son trasladadas a otro lugar. El hombre es una parte esencial del ecosistema, en particular en áreas agrícolas y se-

mi-naturales. La falta de interacción del hombre con el ecosistema puede ser considerado por algunos como beneficioso. Por otro lado, la mayoría de los ecosistemas han sido tan significativamente ajustados a milenios de actividades humanas que, con frecuencia, no se puede predecir como evolucionarán. El ecosistema difícilmente volverá a un estado original.

Por tanto, con objeto de asegurar una recuperación sostenible del ecosistema, puede ser necesario que ciertas actividades sean mantenidas (agricultura, gestión de bosques), lo que a su vez supone una causa de exposición de los trabajadores.

Por tanto, es importante considerar, durante la planificación de emergencias radiológicas, el impacto sobre el medio ambiente tanto de la contaminación radioactiva como de la acción reparadora. Debe buscarse una gestión integrada que tenga como objetivo la protección de la población humana, así como del medio ambiente.

### **CONCLUSIÓN**

Actualmente no existe una legislación europea dirigida explícitamente a la protección del medio ambiente natural frente a las radiaciones ionizantes. En su lugar, existe una legislación extensa para proteger a las personas (trabajadores y miembros del público) y en general se piensa que ésta es suficiente para proteger también al medio ambiente. Merece la pena, sin embargo, desarrollar una propuesta en la que se contemple la radiación ionizante y la radioactividad natural de un modo muy similar a lo que ocurre con otros contaminantes medioambientales.

La CE está actualmente desarrollando un enfoque integrado para el aná-

lisis de riesgos para la salud y la protección del consumidor, así como para la protección del medio ambiente. Este artículo subraya algunas de las especificaciones de la radioactividad medioambiental dentro del contexto general. Surgirán problemas similares con la aplicación de los principios de análisis de riesgos a ciertos productos químicos y sustancias mutagénicas. Es necesario desarrollar un enfoque común.

Un componente clave del análisis de riesgos es el Principio de Precaución, que debe aplicarse con una gran cautela con objeto de no enfatizar demasiado la incertidumbre científica y no llevar a que se decidan acciones injustificadas y posiblemente perjudiciales. Con respecto a la radioactividad medioambiental, debe hacerse un esfuerzo para determinar de forma general aquellas situaciones para las que pueden descartarse incertidumbres relacionadas con (la ausencia de) efectos medioambientales significativos. Por otro lado, puede que haya ciertas carencias en el conocimiento científico. Estas carencias necesitan ser identificadas, si bien únicamente existe una base real para posteriores investigaciones una vez se haya demostrado claramente que hay un riesgo para el medio ambiente que no puede ser solucionado con el conocimiento actualmente disponible.

Es necesario establecer un programa de trabajo centrado en el impacto sobre el medio ambiente natural que, aún no siendo demasiado ambicioso, desarrolle herramientas sencillas con objeto de delimitar áreas de problemas, identificar poblaciones de referencia o críticas y asegurar que se cumple la protección del medio ambiente.

# ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós 1

M<sup>ª</sup> Teresa Ortiz, Manuel Ondaro e Ildfonso Irún.

ENRESA

## RESUMEN

Las actividades previstas en la central nuclear de Vandellós 1, antes del desmantelamiento, incluían la retirada del combustible irradiado y el desmontaje y la descontaminación de las piscinas que lo contenían. Estas actividades fueron llevadas a cabo por HIFRENSA. Al comienzo del Plan de desmantelamiento ENRESA continuó las actividades de descontaminación de estas piscinas.

Este artículo describe el programa de PR y las técnicas ALARA implantadas durante estos trabajos orientadas a reducir la contaminación interna de los trabajadores y a evitar la dispersión de la contaminación. La presencia de emisores alfa, mucho más restrictivos que los emisores beta-gamma, obligaron a incrementar las medidas de protección y a implantar controles específicos para detectar lo antes posible cualquier contaminación interna.

## INTRODUCCIÓN

La central nuclear de Vandellós 1 es una central de uranio natural refrigerada por gas situada en Tarragona. La central ha estado en operación desde 1972. La central, de diseño francés, fue construida en la modalidad de llave en mano y su explotador

fue una compañía mixta hispano-francesa (HIFRENSA) que sigue ostentando la propiedad del emplazamiento. Después del incidente ocurrido, en el turbo alternador número 2, en Octubre de 1989 el Ministerio de Industria, por orden ministerial, decretó la parada definitiva de la central y encargó a la Empresa Nacional de

Residuos Radiactivos (ENRESA) la ejecución del desmantelamiento. El plan diseñado por ENRESA consiste en desmontar y demoler los edificios y sistemas de la central, excepto el cajón de hormigón que contiene el reactor que permanecerá confinado. Esta actuación equivale al Nivel 2 de Clausura definido por el Organismo

## SUMMARY

At Vandellos I NPP, the activities to be performed prior to dismantling included the fuel removal activities and the dismantling of equipments and decontamination of spent fuel pools. These activities were carried out by HIFRENSA. At the beginning of Decommissioning Project ENRESA continued the decontamination activities of such pools.

This paper describes the radiation protection program and ALARA techniques implemented during these activities oriented to reduce the internal contamination of workers and to avoid the spread of contamination. The presence of alpha emitters, more restrictive than beta-gamma emitters, obliged to increase protective measures and to implement specific controls to detect, as soon as possible, internal contamination.



Ayuda en el desvestido

Internacional de Energía Atómica y suponer liberar el 80% del emplazamiento en cinco años.

Previamente a la actuación de ENRESA, Hifrensa, debía retirar el combustible nuclear y acondicionar los residuos radiactivos de la etapa de operación. Una de las actividades llevadas a cabo por Hifrensa entre 1996 y 1997 fue el desmontaje y acondicionamiento de los equipos y estructuras situados en el interior de las piscinas de almacenamiento del combustible gastado. Estos trabajos pudieron producir la dispersión de partículas a diversas zonas de la nave y los niveles de contaminación alfa en aire se elevaban notablemente cuando había movimiento de personas y equipos en el interior de la nave. Por otra parte, la pérdida de estanqueidad en el interior de la nave y la existencia de fuertes vientos, en el

emplazamiento, podían producir la resuspensión de la contaminación alfa y el aumento de la contaminación en el aire.

Al inicio de sus actividades en el emplazamiento, ENRESA continuó las actividades de descontaminación de las piscinas, con el objetivo último de su utilización como almacenamiento temporal de los residuos radiactivos generados durante el desmantelamiento. Para lograr este objetivo era necesario alcanzar un grado de descontaminación tal, que se pudiera trabajar en la nave sin requisitos especiales de protección respiratoria.

Desde el punto de vista de protección radiológica el principal aspecto a tener en cuenta era prevenir la incorporación del material radiactivo, manteniendo las dosis tan bajas como fuera posible, y evitar la dispersión de la contaminación. Para lograr es-

tos objetivos, en la práctica, se preparó un programa ALARA específico que fue presentado al Organismo Regulador (Consejo de Seguridad Nuclear) como parte del Plan de Actuación que había sido requerido por dicho Organismo Regulador. Este trabajo describe el programa de protección radiológica y las técnicas ALARA implantadas para reducir la contaminación interna de los trabajadores, así como, los mecanismos para detectar de la manera más rápida posible una posible incorporación. Asimismo se describen los niveles de radiación y contaminación existentes junto con los controles dosimétricos establecidos y los resultados obtenidos.

## PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y ALARA

### Organización

La aplicación del principio ALARA en todos los proyectos y actividades de ENRESA con riesgo de exposición a la radiación, con independencia de su magnitud, está establecida formalmente en el "Manual para la aplicación del principio ALARA a los proyectos y actividades de ENRESA".

Dada la diversidad de estos proyectos y actividades el documento citado establece las líneas generales y la aplicación detallada en cada caso se desarrolla en programas específicos. En el caso concreto del desmantelamiento de la C.N. Vandellós 1 se ha desarrollado un programa ALARA para su aplicación en el desmontaje de partes activas. Ahora bien, las condiciones radiológicas de la nave de piscinas requirió una adaptación específica y el desarrollo de un programa



Baliza de medida en continuo de la contaminación alfa y beta en aire.

ALARA para la realización de los trabajos.

El compromiso de la dirección de ENRESA en la aplicación del principio ALARA, se refleja en la aprobación por el Director de Operaciones del Manual ALARA y en la participación de los responsable de cada actividad, instalación o proyecto en el desarrollo y aprobación de los programas específicos. Asimismo la dirección nombra a un coordinador del programa ALARA y le dota de los medios necesarios para cumplir su función, además de garantizar la coordinación con los otros grupos que participan en la ejecución de los trabajos. En el caso concreto de los trabajos en la nave de piscinas se creó un grupo ALARA multidisciplinar formado por la dirección técnica, el servicio de operación y mantenimiento,

el servicio de protección radiológica y la empresa contratista encargada de realizar los trabajos.

Las funciones esenciales de este grupo ALARA eran:

- Analizar las tareas concretas a realizar y planificar los trabajos.
- Efectuar el seguimiento de los trabajos y el grado de cumplimiento de los objetivos fijados.
- Analizar y aceptar los procedimientos de trabajo y las modificaciones que se propusieran.

Asimismo en el programa ALARA se involucraba a la empresa contratista que tenía las responsabilidades siguientes en relación con el mismo:

- Impulsar la cultura ALARA entre su personal.
- Implantar las técnicas y medidas ALARA.
- Realizar, desde el punto de vista ALARA, el análisis y la revisión de los trabajos.

- Proponer las mejoras que pudieran ser necesarias.

- Asegurar la asistencia del personal a la formación, entrenamientos y sesiones de mentalización ALARA.

Los objetivos ALARA definidos para estos trabajos fueron los siguientes:

- Evitar cualquier dosis por contaminación interna.
- Evitar los casos de contaminación externa que pudieran provocar una dosis piel significativa.

### Formación

La formación y el entrenamiento es uno de los aspectos más relevantes de cualquier programa ALARA. Para los trabajos en la nave de piscinas se desarrolló una formación específica que cubrió los siguientes aspectos:

- Estado radiológico de la nave de piscinas.

- Vestuario de protección personal y equipos de protección respiratoria.
- Entrada y salida a la nave, control de accesos y secuencia de retirada de los equipos de protección y del vestuario.
- Control radiológico del personal (control de la contaminación externa e interna) y de los trabajos.
- Minimización en la producción de residuos radiactivos secundarios y control de los mismos.
- Secuencia completa de los trabajos a realizar.

Todo el personal implicado en los trabajos, tanto de ejecución como de protección radiológica, asistió a esta formación inicial. Asimismo durante el desarrollo de los trabajos se llevaron a cabo actividades de mentalización, en concreto después de que se detectaran análisis positivos en los controles por bioanálisis.

### Técnicas ALARA

Previamente al inicio de los trabajos se realizó un análisis detallado de las condiciones radiológicas de la nave de piscinas y de los riesgos asociados a los trabajos que se iban a llevar a cabo. Como consecuencia de este análisis se establecieron las siguientes técnicas ALARA a aplicar:

- Adecuación del acceso y la salida, incluyendo el desdoblamiento de las rutas, de forma que la de salida no se superpusiera en ningún momento con la de entrada. Esto supuso habilitar el acceso por los antiguos locales situados en la zona sureste, acondicionando los mismos.
- Montaje de un recinto confinado previo a la salida de la nave en depresión, para desprenderse de parte del vestuario de protección y evitar la dispersión de los contaminantes hacia



Trabajador en las piscinas.

el exterior de la nave, a la vez que se minimizaba el riesgo de contaminación que pudiera suponer dicha interfase.

- Preparación de una red de suministro de aire respirable mediante conexiones rápidas y con todas las extensiones necesarias para evitar que los operarios tuvieran que realizar trayectos dentro de la nave sin el correspondiente suministro de aire. Para implantar esta red, se utilizó un compresor con calderín de gran capacidad y con la correspondiente alarma de seguridad.

- Preparación de un recinto confinado con extracción filtrada para la segregación y el acondicionamiento de los residuos secundarios generados durante las labores de limpieza.

- Suspensión de los trabajos cuando se alcanzaran valores de contaminación en aire de 10 LDCA o no se ga-

rantizara la depresión en la nave.

Asimismo, se revisaron los procedimientos de trabajo que fueron presentados por la empresa contratista antes del inicio de los mismos. Estos procedimientos debían cumplir los criterios siguientes:

- Desechar métodos que pudieran contribuir a la resuspensión de aerosoles radiactivos.

- Desechar la utilización de compuestos químicos susceptibles de generar riesgos físicos o incrementar los radiológicos.

- Utilizar equipos y herramientas que minimizaran las posibilidades de vibración, golpeo, etc.

- Descartar la utilización de herramientas de corte rotativas, térmicas, o cualquier otra que pudiera complicar las condiciones radiológicas por movilización de aerosoles.

Finalmente se definió la secuencia general de la operación de descontaminación, que se repetiría hasta que se alcanzaran los niveles establecidos o hasta que, el esfuerzo y los recursos necesarios no compensaran los resultados conseguidos. Esta secuencia era la siguiente:

- Aspiración en seco conducida, previa filtración HEPA, al sistema de ventilación, en caso de existir contaminación seca muy desprendible,

- Frotado en húmedo (solución descontaminante), manual o con máquina.

- Aspiración y conducción controlada del residuo líquido generado.

- Repetición del proceso en húmedo.
- Secado manual con material absorbente.

Durante el desarrollo de los trabajos se presentaron diversas situaciones o circunstancias que hicieron necesario la adopción de nuevas medidas o la modificación de las previstas inicialmente. Estas medidas se establecieron fundamentalmente para evitar la aparición de niveles de contaminación alfa en aire en el exterior de la nave y la dispersión de la contaminación hacia el exterior y consistieron en:

- Confinar todo el material existente con contaminación significativa.

- Mejorar el sistema de ventilación, aumentándose la extracción y la depresión en el interior de la nave.

- Evitar las limpiezas sistemáticas, cuando los niveles de contaminación no las hicieran necesarias, de las zonas transitables y en todo caso utilizar mayores cantidades de solución líquida.

- Aumentar el control de la contaminación alfa en aire con la colocación de más equipos de medida en continuo.

- Colocar un recinto confinado para la operación de desvestido en dos áreas independientes quedando a modo de esclusa, dotado de toma de suministro de aire independiente.

- Establecer zonas de paso en diferentes puntos de la nave más próxima al lugar donde se realizaba el trabajo para la retirada del vestuario más externo.

- Limpieza somera de los "Gridel" mediante trapos húmedos antes de entrar en el recinto confinado de salida.

- Control, limpieza y sustitución de los recubrimientos plásticos y de los

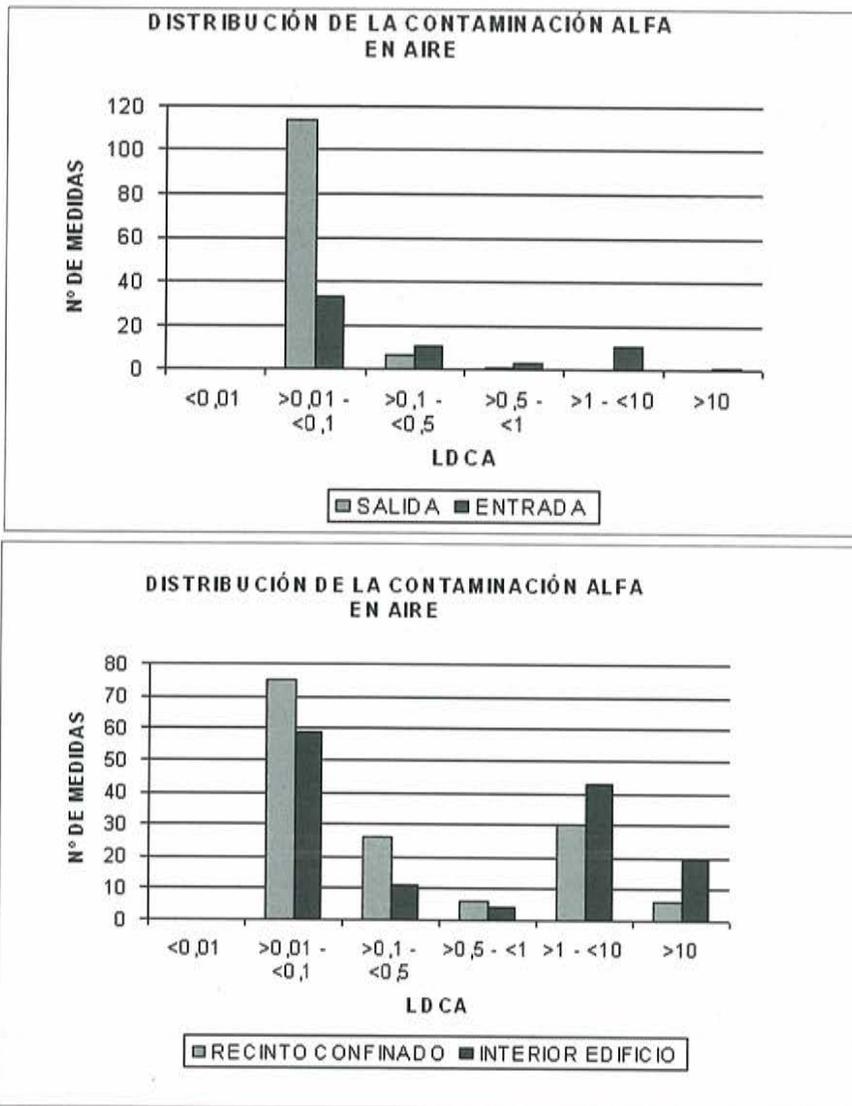


Figura 1

recintos confinados, especialmente, los dedicados al acondicionamiento de residuos.

## CONTROL RADIOLÓGICO

### Control radiológico y protección del personal

El control radiológico del personal se llevó a cabo de la manera siguiente:

- Uso de dosímetros de lectura directa con alarma y de dosímetros personales de termoluminiscencia.
  - Control de la contaminación interna en el contador de cuerpo entero.
  - Control de la incorporación de material radiactivo mediante frotis nasal al final de la jornada.
  - Determinación por bioanálisis de la posible incorporación y dosis internas asociadas.
- Dadas las características de los tra-

bajos era necesario el uso de protección personal para evitar la incorporación del material radiactivo. Los equipos de protección utilizados fueron:

- Vestuario de protección: ropa de trabajo más sobvestuario, con uno o dos elementos, y trajes de PVC con o sin suministro de aire.
- Equipo de protección respiratoria en función de la contaminación ambiental: máscara panorámica con filtro (< 0,1 LDCA o 1 LDCA hora promediado en una jornada laboral) o línea de aire/equipo de respiración autónomo (entre 1 LDCA y 10 LDCA).

### Control radiológico de los trabajos

El control radiológico de los trabajos incluía la vigilancia de los niveles de radiación y de la contaminación superficial y ambiental. De estas vigilancias la más importante era el control de la contaminación alfa en aire. Este control se realizó con los siguientes mecanismos:

- Toma de muestras en continuo durante toda la jornada laboral en puntos fijos de la nave.
- Toma de muestras en continuo durante períodos cortos en operaciones concretas.
- Medida de los filtros en el laboratorio, estableciéndose correlaciones entre la actividad alfa global y los resultados de los emisores gamma para disponer de datos de forma inmediata, sin esperar al decaimiento de los descendientes del radón.
- Medidas específicas de emisores alfa en los filtros con valores más elevados.
- Medida de la contaminación alfa y beta en aire en continuo con balizas específicamente diseñadas para ello,

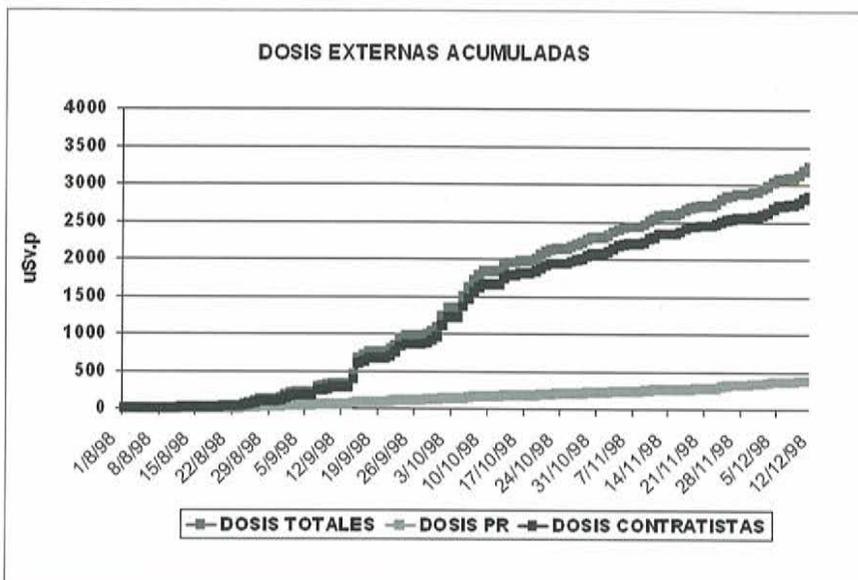


Figura 2

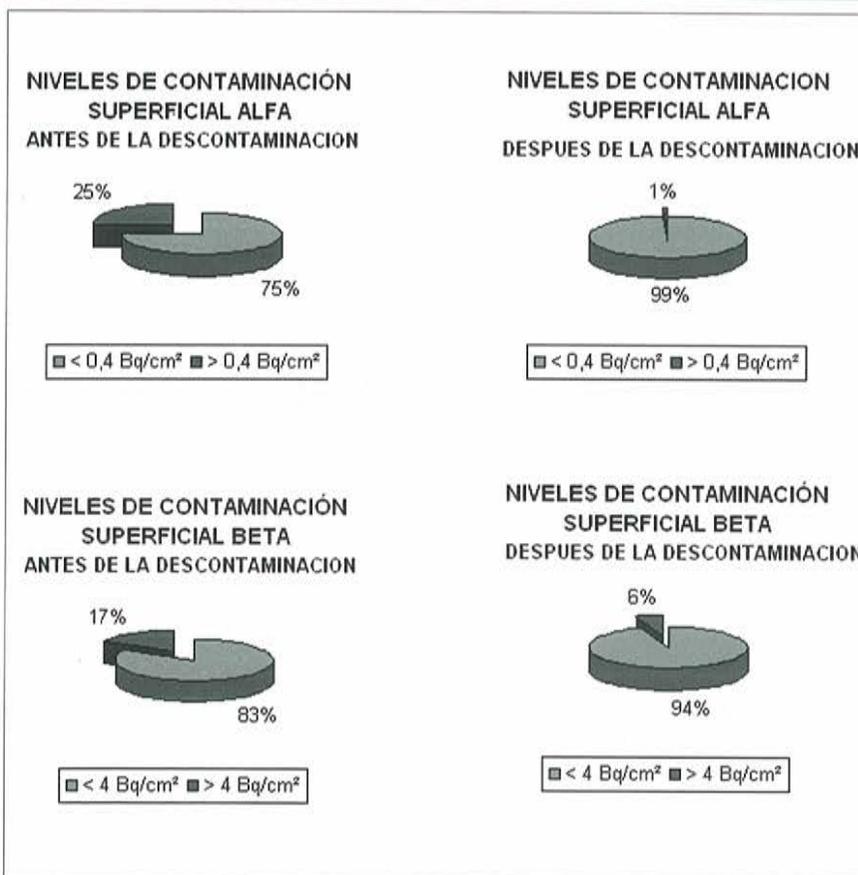


Figura 3

que permiten la sustracción de los descendientes del radón. Los niveles de tarado fijados en estas balizas fueron:

- A 2 y 25 LDCA en las zonas de trabajo y en el recinto confinado para el desvestido.
- A 0,5 y 2 LDCA en el local de salida de la nave y en acceso a la misma.

## RESULTADOS OBTENIDOS

### Contaminación ambiental

Durante el desarrollo de los trabajos en el interior de la nave se han detectado niveles de contaminación alfa en aire, promediados en la jornada laboral, elevados por encima de 2 LDCA, con valores puntuales que han superado los 25 LDCA. Estos valores se han visto confirmados por los resultados obtenidos en el laboratorio, si bien, en algunos casos los valores más altos se han debido a la contaminación de la baliza de medida en continuo.

Asimismo los aumentos de la contaminación ambiental alfa se han visto confirmados por la presencia en concentraciones más altas de otros emisores beta-gamma, fundamentalmente Cs-137 y Co-60. Si bien, al ser unos isótopos mucho menos restrictivos no presentaban ningún problema desde el punto de vista de la protección radiológica.

Por el contrario, las medidas realizadas a la salida de la nave se han mantenido en general inferiores al 10% del LDCA, con muy pocos valores superiores a 0,5 LDCA. Asimismo, en el acceso a la nave los valores de han mantenido bajos inferiores a 1 LDCA. En la Figura 1 se resumen los resultados obtenidos.

### Dosis

Los resultados obtenidos en la dosimetría externa han sido bajos, como estaba previsto, en base a los niveles de tasa de dosis existentes en la nave. La dosis estimada para estos trabajos era de 4 mSv.p alcanzándose una dosis colectiva final de 2.39 mSv.p. (Figura 2). Asimismo, las dosis máximas individuales se han mantenido muy inferiores a 20 mSv.

Respecto de la dosimetría interna debe indicarse que sólo se han detectado resultados positivos en cuatro bioanálisis, de los 62 análisis realizados sobre un total de 20 trabajadores. De estos análisis sólo en el caso de dos trabajadores las dosis resultaron por encima del nivel de registro. La dosis efectiva colectiva comprometida ha resultado 16 mSv.p, no comprometiéndose, en ningún caso, los límites de dosis teniendo en cuenta las dosis acumuladas en otros trabajos por los operarios en cuestión. Debe indicarse que estos resultados se obtuvieron en la fase intermedia de los trabajos, siendo negativos todos los demás resultados hasta la finalización de los trabajos. En ninguno de los frotis nasales realizados se detectó contaminación por encima del nivel de detección ni en las medidas con el contador de cuerpo entero.

### Contaminación superficial

Respecto de la contaminación superficial debe indicarse que se han alcanzado mejoras sustanciales en la mayor parte de las superficies, aunque quedan algunas zonas con mayores acumulaciones de contaminación en bandejas de cables, conductos de ventilación y soportes, así como, en raíles y canaletas. Como se aprecia

en la Figura 3 solo el 1% de las medidas de contaminación alfa superficial permanecen por encima del valor de referencia (0,4 Bq/cm<sup>2</sup>). Este valor es el 6% para las medidas de contaminación superficial beta, con un valor de referencia de 4 Bq/cm<sup>2</sup>.

### CONCLUSIONES

Desde el punto de vista ALARA la principal conclusión es que los trabajos se han desarrollado dentro de lo previsto y que, aunque no se ha conseguido el objetivo inicial de evitar cualquier dosis interna, ésta sólo se ha producido en dos trabajadores y con un valor muy inferior al límite de dosis.

Por otra parte del desarrollo de los trabajos y de sus resultados se han podido obtener otras conclusiones:

- Si se produce una dispersión importante de contaminación resulta muy difícil eliminarla completamente.
- La contaminación superficial residual puede resuspenderse comprometiéndose la contaminación ambiental, sobre todo cuando hay presencia de emisores alfa.
- Las dimensiones de la nave y la existencia de equipos y componentes, algunos de ellos complejos, hacen suponer que pueden existir puntos con contaminación acumulada, a los que ha sido posible acceder durante estos trabajos.
- Los métodos utilizados de descontaminación y limpieza han sido adecuados en muchas superficies pero en otras habría sido necesario el uso de otros métodos, no autorizados por el riesgo de incrementar la contaminación ambiental.
- Los medios, métodos y rutinas de la vigilancia radiológica de los trabajos

y de los trabajadores han resultado útiles y eficaces. En especial el control continuo de la contaminación alfa en aire ha resultado muy útil para optimizar los tiempos de trabajo.

- Los medios y equipos de protección personal y colectiva han resultado muy eficaces en la prevención de las contaminaciones personales de carácter superficial. La valoración sobre la efectividad en prevenir la contaminación interna resulta más difícil, si bien, parece bastante adecuada,

- El acondicionamiento del acceso y la salida del personal por rutas independientes y con espacio suficiente ha sido una herramienta básica para prevenir la dispersión de la contaminación y evitar la incorporación de material radiactivo durante las operaciones de desvestido.

- El control de la posible incorporación de materiales radiactivos por frotis nasal permite descartar la posibilidad de incorporaciones elevadas pero debe ser completada con controles periódicos, por bioanálisis, para descartar cualquier incorporación.

### REFERENCIAS

- "Spanish nuclear industry". Número monográfico de la Revista de la Sociedad Nuclear Española nº 160. January 1997.
- "Desmantelamiento". Número monográfico de la Revista de la Sociedad Nuclear Española nº 165. Junio 1997.
- Plan de actuación en la nave de piscinas de C.N. Vandellós 1. 051-IF-CV-0001, Abril 1998.
- Informe final de Protección Radiológica sobre los trabajos de saneamiento y limpieza de la nave de piscinas de C.N. Vandellós 1. Informe interno 051-IF-CV-0416, Abril 1999.



# Caracterización de la filtración del haz de radiación en equipos de tomografía computarizada. Influencia dosimétrica

M. López Tortosa , J.J. Morant Echevarne <sup>1</sup>  
A. Calzado Cantera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Física Médica,  
Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques,  
Facultat de Medicina, Universitat Rovira i Virgili.

<sup>2</sup>Física Médica, Departamento de Radiología,  
Facultad de Medicina, Universidad Complutense.

## RESUMEN

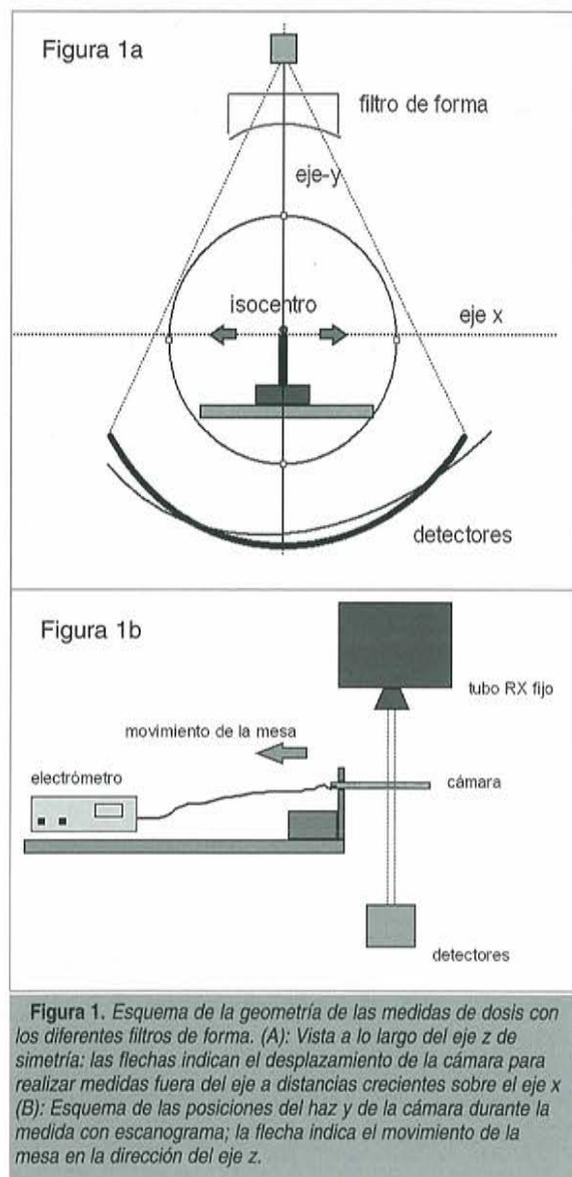
Las parámetros dosimétricos básicos utilizados para caracterizar las dosis de radiación en exámenes de tomografía computarizada (TC) son el índice de dosis de TC (CTDI) medido en aire y el índice ponderado de dosis de TC (CTDI<sub>w</sub>) medido en maniqués estándar. Los valores de CTDI correspondientes a diferentes equipos presentan variaciones que pueden llegar a ser grandes (factor 2) como consecuencia, entre otras, de la distinta filtración del haz y de las diferentes formas de los filtros utilizados, que influyen en la atenuación y endurecimiento del haz. Algunos equipos de TC tienen un único filtro fijo, mientras que otros permiten seleccionar un filtro adicional a través de la elección del protocolo de exploración a realizar (cabeza, cuerpo, pediátrico, lumbar, etc). La comparación dosimétrica, así como la utilización óptima de los equipos requieren un conocimiento más preciso de los dos factores que aportan información sobre el haz: la capa hemirreductora (HVL, medida en el isocentro) y la forma de los posibles filtros utilizados. Dado que esta información no está siempre disponible, y que no suele prestarse atención a la verificación de la filtración del haz una vez instalado el equipo, se ha abordado su medida para determinar los filtros incorporados y su repercusión dosimétrica en un grupo de siete equipos de TC de tercera generación.

Se ha seguido el protocolo ImPACT elaborado para la realización del CT Scanner Dose Survey, en el cual se ha colaborado. Presentamos los valores estimados de HVL, la descripción de los filtros de forma, su funcionamiento y la influencia dosimétrica de los mismos a través del campo de visión empleado en cada exploración.

## SUMMARY

The basic dosimetric quantities used in CT to assess doses to patient are the computed tomography dose index (CTDI) which can be determined either from measurements free-in-air or in standard head or body phantoms. CTDI values measured for different type of scanners can present high differences (up to a factor two). These differences are mainly due to differences in quality of the X ray beam as a consequence of differences in physical filtration. The filters used varie widely according to the manufacturer and model of scanner. Some scanners use a single fixed absorber, while others utilize two or more absorbers devoted specifically to anatomical areas (body or head) or different kind of examinations (pediatric, ..). A good knowledge of the features of these absorbers (equivalent thickness and shape) is very useful in order to compare dose and to optimize the procedures for clinical use. However, such information is not always available and the assessment of the total filtration after installation of the scanners is seldom tackled. Dose measurements have been performed in order to determine the beam filtration and its influence on dose for a sample of seven third generation CT scanners.

Measurements were conducted according to the ImPACT protocol, prepared specifically for the CT Scanner Dose Survey, in wich we were participating. The investigated parameters were the half value layer and CT dose indexes (measured free-in-air and within phantoms), and an operational description of the shaping filters after selectable FOV values, as well.



**Introducción**

Para caracterizar las dosis de radiación asociadas con los exámenes de tomografía computarizada (TC), se suelen medir parámetros que permiten determinar el "índice de dosis de TC" (CTDI) en aire o en maniqués estándar. Los valores de CTDI, que difieren apreciablemente entre equipos o modelos, dependen de varios factores,

entre los cuales los más importantes son la distancia foco-isocentro y la calidad del haz. Puesto que los valores de tensión del tubo de rayos X empleados para exámenes en pacientes adultos son muy similares en todos los equipos (120-140 kV), las diferencias en la calidad del haz son debidas fundamentalmente a diferencias de filtración del haz.

Desde el punto de vista general se puede decir que en TC la filtración del haz tiene dos objetivos generales [1]: a) la eliminación de fotones de energías bajas que no contribuyen a la formación de la imagen y sí a la dosis que recibe innecesariamente el paciente; y b) la filtración geométricamente selectiva del haz para compensar la falta de simetría circular del paciente y hacer que llegue un haz más homogéneo a los detectores.

Ambos objetivos están relacionados con la distribución polienergética del haz de rayos X generado; el primero es muy general y conocido desde el punto de vista de protección en radiodiagnóstico; el segundo, la filtración selectiva en zonas, es más específico de la técnica de TC y tiene repercusión en la calidad de imagen y las dosis que recibe el paciente. Este objetivo se consigue mediante filtros -situados entre el tubo de rayos X y el paciente-

que han recibido nombres diversos (filtros de "pajarita" o "mariposa", filtros de forma) porque tienen formas características. El espesor de la zona correspondiente al centro del haz es menor que en los bordes, para "endurecer" más el haz en los bordes que en el centro del "abanico". Esta reducción relativa del número de fotones en los extremos da lugar [2] a una reducción de dosis al paciente en torno al 10-20%, a una distribución más homogénea del ruido en el conjunto de la imagen, y una mejora de la resolución de contraste por disminución de la radiación dispersa. En general hay muchas diferencias entre los equipos, de modo que algunos disponen de uno o varios de estos filtros, según el área corporal irradiada y otros apenas realizan una filtración geométrica selectiva.

El objetivo de este trabajo es describir el procedimiento empleado y los resultados obtenidos en la caracterización de la filtración de una muestra de equipos de TC de tercera generación. Se presentan los valores de capa hemirreductora (CHR), la descripción de los filtros de forma y la influencia dosimétrica de los mismos una vez elegido el campo de visión (FOV).

**Material y métodos**

Se ha trabajado con siete equipos de TC de tercera generación: un CT Pace (A) y un CT MAX (E), de General Electric; dos Exel 2400E (Cy D) y un HeliCAT (B), de Elscint; un Philips Tomoscan CX (F) y un Toshiba TCT 300S (G).

El procedimiento de medida seguido para caracterizar dosimétricamente los filtros de forma del haz es el descrito en el protocolo Imaging Performance Assessment of CT Scanners, St George's Healthcare, London



### EQUIPO

Marca	GE	Elscint	Elscint	Elscint	GE	PHILIPS	TOSHIBA
<b>Modelo</b>	CT Page	HeliCAT II	Exel 2400 E	Exel 2400 E	CT MAX	Tomoscan	CX TCT 300 S
<b>Clave</b>	A	B	C	D	E	F	G
<b>CHR (mm)</b>	5,5±0,5	8,4±0,4	8,3±0,4	8,5±0,4	6,6±0,7	7,4±0,6	9,3±0,8
<b>DFI (mm)</b>	525	620	630	630	525	606	640 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Distancia estimada al no disponer de datos del fabricante

**Tabla 1.** Características de los equipos de TC analizados: marca, modelo, letra clave utilizada, valores estimados de la capa hemirreductora (mm), y distancia foco-isocentro (mm)

(ImPACT)[3]. Dicho protocolo describe un conjunto amplio de medidas para evaluar los equipos de TC. Ha servido para realizar una encuesta sobre las características de equipos de TC [4] en uso durante el periodo 1997-98, en la cual hemos participado. Las medidas que han permitido obtener los resultados sobre los filtros de cada equipo son, por lo tanto, una parte del conjunto descrito en el protocolo.

Las medidas de dosis se han realizado utilizando una cámara de ionización tipo "lápiz" Radcal 20X5-3CT (10 cm de longitud y 3 cm<sup>3</sup> de volumen activo) con un electrómetro Radcal 2026; previamente a la realización de dichas medidas, el conjunto cámara-electrómetro ha sido intercomparado con un grupo de 26 equipos de medida participantes en la encuesta citada para verificar su trazabilidad. Con las lecturas de las medidas con la cámara, corregidas por presión y temperatura, y expresadas en términos de dosis en aire, se han obtenido los valores del CTDI<sub>10cm</sub>, que se define como la integral entre -50 mm y +50 mm del perfil de dosis, medido para un solo corte y dividido por el espesor nominal de corte [5], tal como se indica en la expresión:

$$CTDI_{10cm} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{50} D(z) \cdot dz \quad (1)$$

Las medidas se han realizado en aire en el eje de la abertura del "gantry", y en maniqués normalizados de metacrilato de "cuerpo" y de "cabeza"[6]. Usando los resultados de las medidas de la integral del perfil dosimétrico con la cámara situada en aire en el isocentro y alineada con el eje de simetría z, se han obtenido los valores del CTDI<sub>aire</sub>. Con los maniqués de cuerpo o cabeza, se han obtenido los valores medios del índice de dosis CTDI<sub>10cm</sub> en el centro y en las cuatro cavidades de la periferia (que denominamos respectivamente CTDI<sub>10cm,c</sub> y CTDI<sub>10cm,p</sub>) y a partir de ellos se han calculado los valores del índice ponderado de dosis de tomografía computarizada CTDI<sub>w</sub> mediante la expresión [5]:

$$CTDI_w = 1/3 CTDI_{10cm,c} + 2/3 CTDI_{10cm,p} \quad (2)$$

Para determinar la capa hemirreductora (CHR) se han empleado combinaciones de hojas de Al (99,5 % de pureza) de tamaño 20 x 20 mm<sup>2</sup> y con espesores de 2 mm, 1 mm y 0,5 mm, colocadas a la salida del haz. Las irradiaciones se han realizado con el tubo en posición fija (parte inferior de la abertura del "gantry") y situando la cámara en el isocentro del equipo. Se han realizado series de tres medidas para cinco espesores de Al (0-10 mm).

Los valores de CHR se han estimado a partir de un ajuste exponencial de las lecturas directas de la cámara en función del espesor de Al e interpolando desde el punto de medida más próximo al valor de CHR buscado.

Para caracterizar dosiméricamente los filtros de forma (y la forma de dichos filtros), se han realizado series de medidas con la geometría siguiente: el tubo de rayos X está fijo en una de las posiciones que permiten realizar radiografías planas ('escanogramas') y la cámara está sobre la mesa, alineada con el eje de la apertura del "gantry" y situada sucesivamente en el isocentro y en puntos alejados en dirección perpendicular al eje del haz (ver figura 1). Se mide durante un escanograma lateral, desplazando verticalmente la mesa para situar la cámara en las diferentes posiciones de medida. Cuando el equipo tiene filtro de forma específico, las medidas se realizan a ambos lados del eje y a distancias desde cero hasta la mitad del máximo del campo de visión (FOV). Cuando no hay filtro de forma específico, se realizan medidas sobre el eje y a un lado del mismo a intervalos de 5 cm hasta la mitad del FOV. Las condiciones de operación para las medidas han sido: tensión de tubo de 120 kVp y espesor de corte de 10 mm en todos los casos; las cargas

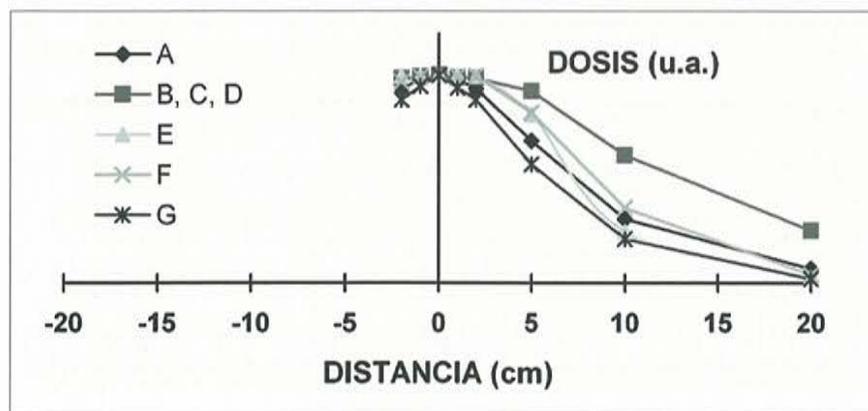


Figura 2. Valores normalizados de dosis a lo largo del eje x en función de la distancia al isocentro para todos los equipos. Las medidas fueron realizadas sin utilizar filtros específicos. Las líneas que unen los puntos están sólo para facilitar la visualización y no tienen otro significado.

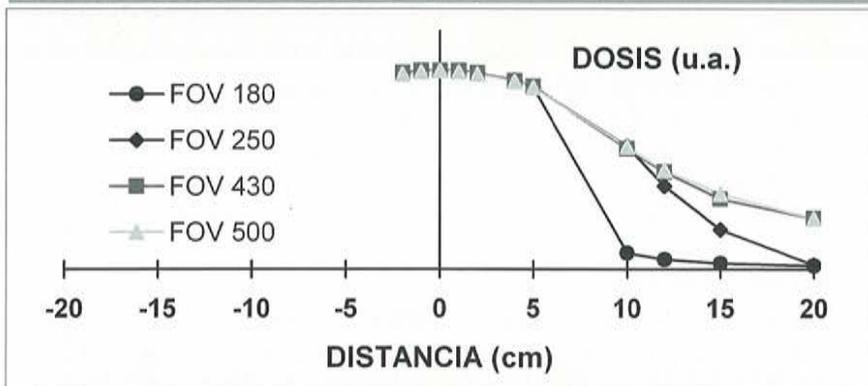


Figura 3. Valores normalizados de dosis a lo largo del eje x en función de la distancia al isocentro en los equipos B, C y D, al utilizar diferentes campos de visión (FOV). Las líneas que unen los puntos están sólo para facilitar la visualización y no tienen otro significado.

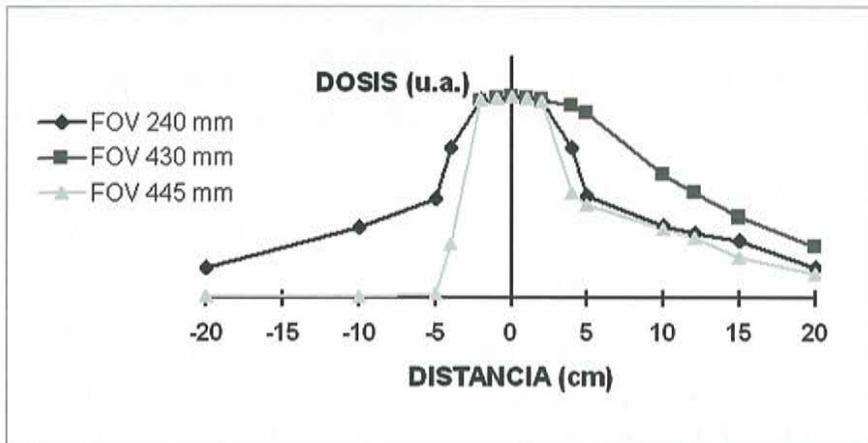


Figura 4. Valores normalizados de dosis a lo largo del eje x en función de la distancia al isocentro en los equipos C y D, al utilizar campos de visión (FOV) de 240, 445 y 430 mm. Las líneas que unen los puntos están sólo para facilitar la visualización y no tienen otro significado.

de tubo han sido fijadas en función de las características concretas de los equipos.

### Resultados y discusión

En la Tabla I se muestran, además de la marca y modelo de los equipos analizados (A-G), su distancia foco-isocentro y los valores obtenidos para la CHR en mm Al en el eje del haz. Las diferencias en filtración y en abertura son apreciables, aunque si se agrupan los valores por marcas, los valores resultan mucho más similares. Las valores indicados para las incertidumbres de la CHR -que son difíciles de estimar por la cantidad de parámetros involucrados y el riesgo cierto de cometer errores sistemáticos [7]-son los obtenidos en para la pendiente en la línea de regresión (i. c. 95%), y se ofrecen a título indicativo.

A partir de las especificaciones de los equipos, de la inspección sobre sus opciones de trabajo y de las medidas de dosis en la dirección del eje x, se ha verificado que todos los equipos estudiados poseen como mínimo un filtro simétrico. La finalidad del mismo es adecuar en primera instancia la distribución del haz a la geometría corporal. En la figura 2 se muestran los valores de dosis normalizados al valor del isocentro en función de la distancia al mismo, obtenidos para los diferentes equipos cuando se interponen únicamente estos filtros en el haz. Pueden apreciarse las diferencias en los valores del perfil de dosis al alejarse del eje, muy evidentes entre los equipos B, C, D y el resto. Si no tenemos en cuenta, por ser casi despreciables, las diferencias en el ángulo subtendido en los equipos con distancias foco-isocentro diferentes, parece evidente



que los equipos B, C y D necesitan filtración adicional. Pues bien, de todos los equipos analizados en el estudio, dichos equipos son los únicos que permiten obtener perfiles de dosis aún más adaptados que los de la figura 2.

Para establecer las posibilidades de filtración adicional de los equipos B, C y D, se han realizado medidas dosimétricas sobre dichos equipos para FOV de reconstrucción menores. En la figura 3 se muestra su efecto sobre los valores normalizados de dosis a lo largo del eje x, según el FOV (hay cuatro posibilidades: 180, 250, 430 y 500 mm). Como puede apreciarse en la imagen, los valores para FOV 430 y 500 mm son iguales, y además se corresponden con los obtenidos en la figura 2. Las diferencias de dosis al paciente según el filtro utilizado son apreciables a simple vista.

El equipo B en particular puede utilizar dos filtros simétricos superpuestos al general. Los equipos C y D, pueden superponer hasta tres filtros, dos simétricos para FOV de 140 y 240 mm, y un tercero asimétrico para FOV de 445 mm, que se utiliza en combinación con un desplazamiento lateral de los detectores, dado que el número de éstos no permite abarcar un campo simétrico de tales dimensiones. Los resultados obtenidos en las medidas de dosis para estos tres filtros, se muestran en la figura 4. (No aparecen resultados para FOV de 140 mm porque no se ha podido realizar el escanograma con ese FOV). De nuevo las diferencias de dosis son apreciables a simple vista.

Desde el punto de vista de las dosis que recibe el paciente, la posibilidad de utilizar estos filtros asociados a diferentes campos de visión, permite obtener ahorros de dosis en aquellos exá-

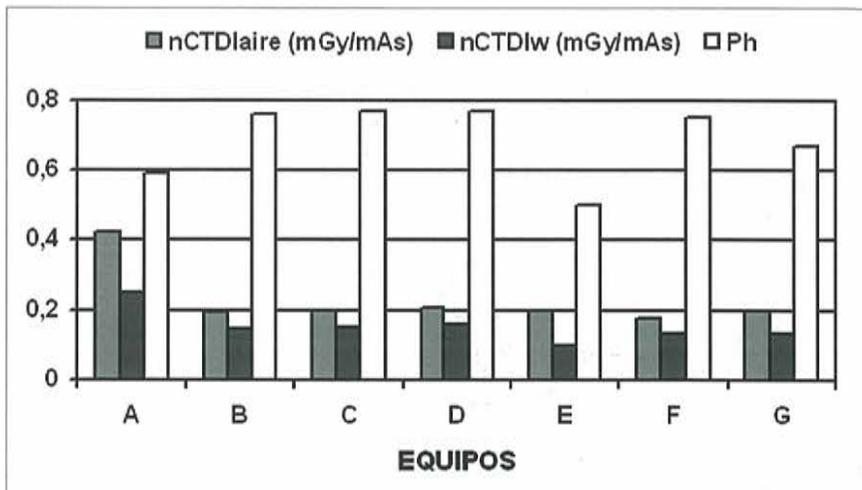


Figura 5. Valores por equipos de los índices de dosis de TC normalizados en aire (nCTDIaire), en maniquí de cabeza (CTDIw), y de su cociente Ph(CTDIw/nCTDIaire).

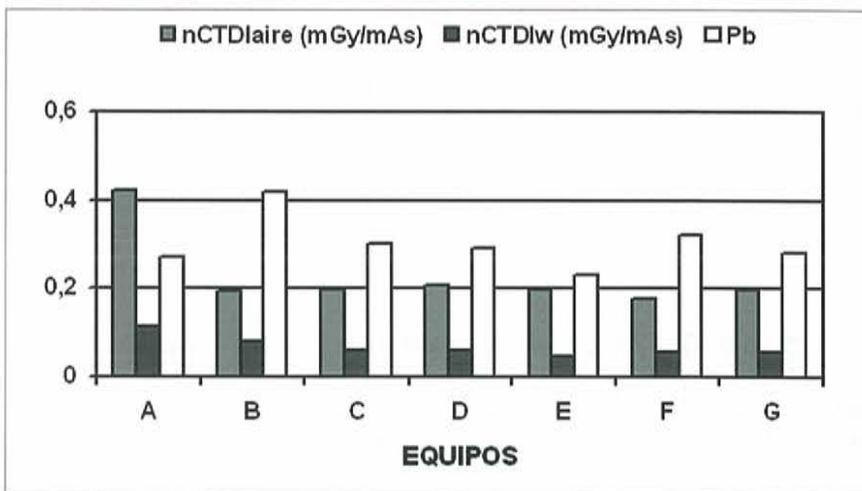


Figura 6. Valores por equipos de los índices de dosis de TC normalizados en aire (nCTDIaire), en maniquí de cuerpo (CTDIw), y de su cociente Pb(CTDIw/nCTDIaire).

menes en los que de antemano se decide reconstruir la imagen en una zona determinada de la sección del paciente. Ese sería el caso, por ejemplo, de muchos de los exámenes de columna (cervical, torácica o lumbar), en los que se visualiza exclusivamente la zona próxima a la columna y por lo tanto, es preferible seleccionar valores de FOV adaptados a esa zona (140 - 240 mm).

La interposición de filtros con forma más o menos irregular modifica la calidad del haz de manera irregular sobre la distribución espacial. Para estudiar dichas modificaciones se han comparado en primera instancia los valores normalizados en mAs del CTDI en aire (isocentro) y CTDI ponderado (CTDIw) en los maniqués de cabeza y de cuerpo. En las figuras 5 y 6 hemos representado los valores de ambas

magnitudes en mGy/mAs, y de su cociente (CTD<sub>w</sub>/CTD<sub>aire</sub>) para cabeza y cuerpo (P<sub>h</sub> ó P<sub>b</sub>, respectivamente). Los FOV de cabeza variaron entre 210 y 250 mm según los equipos y en cuerpo entre 360 y 430 mm.

Como puede verse en los resultados con maniqués y FOV de cabeza (ver figura 5), la relación entre ambos índices P<sub>h</sub> es equivalente para los equipos B, C, D y F, tomando valores algo inferiores para el resto, en particular para el A. Los valores del índice de dosis en aire y en maniqués son altos en este equipo debido en primera instancia a su corta distancia foco-isocentro; sin embargo, como la filtración es sensiblemente menor que en el grupo de equipos anterior y no posee filtros específicos para FOV de cabeza, los valores del índice ponderado de dosis son mucho mayores que para el resto. En el equipo G, pese a tener una filtración elevada se hace notar la falta de filtros adicionales para hacer más estrecho el perfil de dosis. Ambos casos "extremos" ponen de manifiesto la conveniencia de disponer de este tipo de filtros de forma, para obtener ahorros de dosis en los exámenes con pacientes. La falta de maniqués de diámetro menor que 16 cm, ha impedido simular exámenes de cuello o columna cervical, para poder establecer diferencias de dosis entre equipos en relación con los filtros de forma para FOV de 140-180 mm.

Si se analizan los resultados por equipos obtenidos para el maniqué y FOV de cuerpo de la figura 6, las diferencias de P<sub>b</sub> entre equipos son relativamente menores, si se exceptúa el caso del B, que casi dobla en va-

lor al mínimo del resto (0,42 frente a 0,23 del equipo E). Este valor más elevado se justifica en parte porque se ha trabajado con FOV de 430 mm, que equivale a no utilizar filtro específico. En este caso no debe olvidarse que su uso habitual es helicoidal y los perfiles de dosis y sensibilidad son algo diferentes a los axiales, ya que aquellos se modifican según el paso de hélice elegido para los barridos. De nuevo es en el equipo A en el que se obtiene el valor mayor del índice ponderado promedio de dosis (0.113 mGy) por razones muy similares a las expresadas para el maniqué de cabeza. Al ser mayor ahora el FOV, la tendencia relativa dominante es la de los resultados expresados en la figura 2, con los valores concretos por equipos dependiendo de las distancias foco-isocentro y de la filtración. Por otra parte, si se comparan las lecturas de dosis obtenidas en las medidas en el centro con las de la periferia del maniqué de cuerpo, vemos que el cociente periferia/centro es mayor también para los equipos A y B (2,2 y 2,3 respectivamente) y menor en el resto con un valor mínimo 1,5 en el equipo G. No es casual que esto suceda así ya que cuanto mayor filtración tengan los equipos, menos se endurecerá el haz al atravesar un espesor equivalente a paciente.

Por último es preciso añadir que habría que considerar en rigor la calidad de imagen que se obtiene al utilizar cada uno de los filtros analizados para encontrar una correspondencia entre los ahorros de dosis en los pacientes y un mantenimiento como mínimo de la calidad de imagen diagnóstica. Como se ha puesto

de manifiesto recientemente [8], a veces filtros de forma intermedios entre los de "pajarita" y los planos pueden dar un equilibrio entre el ruido de las imágenes y la dosis. La cantidad de parámetros involucrados hacen difícil el establecimiento de directrices generales: Sin embargo un objetivo alcanzable es la utilización óptima del equipo del que se dispone una vez conocidas sus características.

### Referencias

1. Seeram E. Computed tomography: Physical principles, clinical applications and quality control (W.B. Saunders, Philadelphia, 1994), pp 96-98.
2. Arenson J. Data collection strategies: gantries and detectors, in Medical CT and ultrasound: current technology and applications, Goldman MS and Fowlkes JB Editors, (Medical Physics Publishing, Madison WI, 1995), pp 329-347.
3. Edyvean S, Lewis MA, Britten AJ. CT Scanner Dose Survey: Measurement Protocol. Version 5.0 July 1997. ImPACT, Department of Medical Physics, St George's Hospital. London.
4. Edyvean S, Kiremidjian H, Lewis MA, Britten AJ. Survey of dosimetric data. Workshop on Quality Criteria for computed Tomography. Programme and Book of Abstracts, Aarhus, 1998.
5. European Commission. Quality criteria for computed tomography, Brussels, EC Working Document EUR 16262 (1997).
6. IEC, Medical electrical equipment. Part 2-44: Particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography, IEC 60601-2-44: 1999.
7. Gilmore BJ, Cranley K. Errors in the determination of total filtration of diagnostic x-ray tubes by the HVL method. Phys. Med. Biol. 35, 999-1015 (1990).
8. Harpen MD. A simple theorem relating noise and patient dose in computed tomography. Med. Phys. 26, 2231-4 (1999).

# NOTICIAS

d e

# ESPAÑA

## I+D IV Jornada - CSN

El pasado 15 de diciembre de 1999, se presentó en el Salón de Actos del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en Madrid, la IV Jornada I+D en la que se presentaron los resultados del Plan de Investigación del CSN tanto en el ámbito de la Seguridad Nuclear como en el de la Protección Radiológica.

El Presidente del CSN, Juan Manuel Kindelán hizo la presentación de la Jornada, dando paso a los representantes de cada una de las partes en las que se dividieron las sesiones informativas.



En la primera parte, dedicada a la seguridad nuclear, actuó como moderador Agustín Alonso, Consejero del CSN y Presidente de la Comisión de Investigación y Política Tecnológica. En esta sesión se abrió el debate para las conferencias presentadas por José I. Villadóniga Tallón (Subdirector General de Tecnología Nuclear, CSN), Carmen Palancar Montero (UCM), Dolores Morales (C.N. Almaraz), José M. Llopis (C.N. Cofrentes) y Dolores Briceño (CIEMAT).



El moderador de la segunda parte, dirigida a la protección radiológica, fue José Ángel Azuara, Consejero del CSN y Vicepresidente de la Comisión de Investigación y Política Tecnológica. Las conferencias corrieron a cargo de José Luis Butragueño (Subdirector General de Protección Radiológica, CSN), Francisco Barquinero (Universidad de Barcelona), José Gutiérrez (CIEMAT), Eduardo Sollet (Iberdrola) y en la Clausura, Agustín Alonso (Consejero de CSN).



*En las fotos y de arriba a abajo podemos ver a Agustín Alonso, José Ángel Azuara, Eduardo Sollet y José Gutiérrez.*

## Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas

El 31 de diciembre de 1999, el Ministerio de Industria y Energía, hacía presente la publicación en el BOE número 313 del Real Decreto 1836/1999 en el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

El Reglamento anteriormente vigente fue aprobado por Decreto Ley 2869/1972 el 21 de julio de ese mismo año. Desde entonces, se han publicado diversas normas que han ido modificando el marco de referencia en el que se encuadraba la actuación de los distintos órganos de la Administración española. Entre ellas, la promulgación de la Ley 15/1980, de 22 de abril, en la que se creó el Consejo de Seguridad Nuclear como único organismo competente en materia de seguri-

dad nuclear y protección radiológica para España.

En relación con las instalaciones nucleares, las principales modificaciones son las referentes a la documentación requerida en las distintas fases de actuación, sustitución de las prórrogas sucesivas de los permisos de explotación provisional por autorizaciones de explotación sometidas a plazo y la regulación del trámite de las autorizaciones de desmantelamiento y clausura de las centrales nucleares. La determinación de la documentación requerida en las diferentes autorizaciones se ha efectuado basándose en la evolución de los requisitos de seguridad en los años de vigencia del Decreto anterior, la sustitución de las prórrogas sucesivas de los permisos de explotación provisional y la regulación que se deroga eran consecuencia de la escasa experiencia en las operaciones de las centrales nucleares en nuestro país que se tenía en 1972. Como cautela, se introdujo el permiso de explotación provisional como una alternativa a la concesión de los permisos de explotación definitivos para permitir a los órganos de control de la Administración disponer de un período de tiempo para obtener los datos básicos en la evaluación de la seguridad en las instalaciones. La experiencia ha determinado la conveniencia de sustituir estos permisos por una autorización de explotación, sometida a un plazo de validez que sólo tiene carácter provisional durante el tiempo necesario en la ejecución del programa de pruebas nucleares.

El Reglamento que se ha derogado carecía de previsiones para la fase de desmantelamiento y la clausura de instalaciones nucleares y radiactivas, por lo que es necesario desarrollar un nuevo texto. Por lo tanto, queda derogado el Decreto por el que se aprobó el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas: la Orden del Ministerio de Industria de 20 de marzo de 1975, sobre homologación de aparatos radiactivos, así como todas las normas de igual o inferior rango que contradigan o se opongan a lo dispuesto en el presente Decreto. Al mismo tiempo, se autoriza al Ministro de

Industria y de Energía para aprobar las disposiciones necesarias en la aplicación y desarrollo de lo establecido en el presente Reglamento. Tiene carácter de norma básica y ha sido dictado al amparo de lo dispuesto en los artículos 149.1.16 y 25 de la Constitución Española.

### Premio al Hospital San Carlos

El Hospital Clínico San Carlos de Madrid ha recibido el pasado mes de febrero el Galardón Temático sobre Programas de Garantía de Calidad encuadrado en el VII Premio a la Innovación en la Gestión y Administración Sanitaria, convocado por la Escuela Nacional de Sanidad, Arthur Andersen y Diario Médico. El Premio fue concedido por el Proyecto sobre El Control de Calidad *on line* en la Radiología Digital, dirigido por el Profesor E. Vañó Carruana, Catedrático y Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos.

### Transferencia del Servicio de Dosimetría Personal de UNESA

Durante el pasado mes de enero, el Servicio de Dosimetría Personal, cuyo titular era Unesa, ha sido transferido a Tecnatom, S.A. La creación de este Servicio fue aprobada por el Grupo Nuclear de Unesa en junio de 1985 a propuesta de los responsables de Protección Radiológica de las centrales nucleares.

El objeto de su creación era doble: por un lado apoyar a los servicios de dosimetría interna de las centrales durante las recargas, paradas programadas emergencias e indisponibilidad de equipos; y por otro, si cabe más importante, disponer del apoyo de un grupo de especialistas de alto nivel en el complejo campo de la dosimetría interna.

En la actualidad el Servicio consta de dos Unidades Móviles dotadas con sendos contadores de radiactividad corporal ambos en operación. Desde su creación hasta hoy, estos equipos se han desplazado a todas las centra-

les nucleares españolas, llegando hasta la central búlgara de Kozloduy. En el emplazamiento de Vandellós I se encuentra destacada una de las Unidades para la realización de la dosimetría interna de sus trabajadores durante el periodo de desmantelamiento y clausura.

Tras los incidentes radiológicos de Megdenix (1992) y de Acerinox (1998), los trabajadores potencialmente afectados fueron chequeados con estos equipos.

Tecnatom encuadra esta nueva área de actividad dentro del marco habitual de sus servicios, manteniendo el alto grado de calidad y disponibilidad hasta ahora prestados y la misma estructura básica de equipos y de técnicos responsables de su explotación.

### Reunión con la SEFM, la SEPR y los fabricantes de equipos de radiodiagnóstico

El lunes 24 de enero de 2000, se celebró en Madrid (Sala de reuniones de la Cátedra de Física Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense) una reunión convocada por la Sociedad Española de Física Médica y a la que se había invitado al Comité de Redacción del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, a las Casas Comerciales GE, Philips,

Siemens, Toshiba, IRE, Positrónica y Picker y al Presidente de la SEPR. Los asistentes se indican en la tabla adjunta. La finalidad de la reunión fue recibir sugerencias de las firmas comerciales, de cara a mejorar el Protocolo Español en su próxima edición (prevista para el año 2001).

Se discutió sobre el alcance de las pruebas de aceptación del equipamiento, en particular sobre qué parámetros pueden ser certificados por el fabricante y cuáles han de ser necesariamente comprobados *in situ* (los que manipula el operador, los que aportan la información sobre el estado de referencia inicial de los equipos, etc.). Con el fin de unificar la metodología de las pruebas de aceptación, se propuso que las casas comerciales (a las que se les comunicará a través de las asociaciones de fabricantes) sugieran métodos de actuación para su realización. Estos métodos serían revisados por el Comité y, si procede, se podría incluir, como un anexo, en el Protocolo.

Se invitó a las Casas Comerciales a que propongan correcciones al Protocolo (parámetros esenciales, tolerancias, etc.). Estas propuestas deben ser enviadas por escrito al Secretario o al Coordinador del Comité de Redacción.

Se discutió sobre la interpretación y aplicación de algunos artículos (6.3, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6 y

Asistentes a la Reunión

Nombre	Empresa u Organismo	Correo Electrónico
Eliseo Vañó Carruana	Universidad Complutense	eliseo@eucmax.sim.ucm.es
Manuel Alonso Díaz	H.U. "M. de Valdecilla"	praadm@humv.es
Raquel Calvo Lucas	Picker Imaging España	raquelcalvo@picker.es
Enrique Martínez Gómez	I.R.E. Rayos X S.A.	
Julián Pinedo Solera	Philips Ibérica S.A. (División Sistemas Médicos)	julianpinedo@philips.com
Adolfo Velasco Crespo	Philips Ibérica S.A. (División Sistemas Médicos)	adolfo.velasco.crespo@philips.com
Luciano González	Universidad Complutense	lucianos@eucmax.sim.ucm.es
Alfonso Calzado	Universidad Complutense	calzado@eucmax.sim.ucm.es
Vicente del Valle	General Electric	vicente.delvalle@gemed.ge.com
Manuel Fernández Bordes	SEFM	mfbordes@gugu.usal.es
M <sup>a</sup> Pilar López Franco	H. U. "La Princesa"	plopez@hlpr.insalud.es
Eduardo Guibelalde del Castillo	Universidad Complutense	egc@eucmax.sim.ucm.es
Ignacio Hernando González	SEPR	ihernando@hurh.insalud.es

15.2) y del anexo III del nuevo Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.

### Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico

Este Decreto fue publicado el 29 de diciembre de 1999 y sustituye al Real Decreto 2071/1995 del mismo título, recogiendo algunos aspectos de la Directiva 97/43/Euratom. También recoge la situación derivada de la aprobación del Real Decreto 220/1997, por el que se crea y regula la obten-

ción del título oficial de especialista en radiofísica hospitalaria.

Es de destacar la obligatoriedad de la puesta en marcha de programas de garantía de calidad que recojan aspectos de justificación y optimización, medidas de control de calidad, evaluación de los indicadores de dosis en pacientes, tasas de rechazo, recursos humanos, responsabilidades y obligaciones, programas de formación, verificación de niveles de radiación y registro de incidentes y accidentes.

Deberán existir protocolos escritos para cada tipo de práctica radiológica estándar para cada equipo, elaborados de manera que pueda optimizarse la dosis absorbida recibida por los pacientes.

En el caso de la radiología intervencionista hay que destacar que el personal especialista deberá tener un segundo nivel de formación en protección radiológica específico. Los equipos destinados a radiología intervencionista deberán disponer de un dispositivo que informe al médico especialista sobre la dosis de radiación recibida por el paciente durante el proceso radiológico, así como de un sistema de registro.

El Decreto incluye un anexo sobre indicadores básicos de calidad, otro sobre verificación de los niveles de radiación en puestos de trabajo y lugares accesibles al público, y un tercero sobre criterios para la aceptabilidad de las instalaciones de radiodiagnóstico.

## NOTICIAS del MUNDO

### Se acerca el 10º Congreso de la IRPA en Hiroshima

Ya faltan pocas fechas para que, entre el 14 y el 19 de mayo de 2000, se celebre el 10º congreso de la IRPA (International Radiation Protection Association) en Hiroshima (Japón). Bajo el lema genérico "Armonizar la radiación, la vida humana y el ecosistema", durante el congreso se presentarán cerca de mil trabajos, en forma de póster, con arreglo al siguiente reparto por temas:

Se han recibido trabajos de 52 países de los cinco continentes, destacando por su número Japón como país anfitrión (229), seguido de Rusia (82), Francia (75), EE.UU. (59), Reino Unido (58), China (54), Alemania (43), Taiwán (41), Brasil (37), Corea (31), Austria (31), India (29). De España se presentan solamente 13 comunicaciones, número comparable al de Argentina (20), Canadá (18), Italia (16), Hungría (14), Rumania (12) o Bélgica (10). Sin duda, la distancia y el coste de la participación en el con-



greso han supuesto un freno para muchos de nuestros socios a la hora de acudir a esta importante convocatoria. Desde estas páginas trataremos de informarles tras el congreso de sus aspectos más destacados, entre los que hay que contar con la defensa de nuestra candidatura para organizar en Madrid el siguiente congreso de la IRPA, en el año 2004. Además de las 26 sesiones temáticas, hay que destacar las conferencias invitadas y las sesiones plenarias. Entre las primeras se cuenta con la tradicional Conferencia Sievert a cargo del Prof. Itsuzo Shigematsu, además de la presentación de las actividades de la Fundación para el Estudio de los Efectos de la Radiación, la Comisión

1.	Natural Radiation Exposure	(102)
2.	Health Effects of Ionizing Radiation	(151)
3.	Dosimetry and Instrumentation	(188)
4.	Radiation Protection in the Environment	(111)
5.	Waste Treatment and Decommissioning	(53)
6.	Radiation Protection at Workplaces	(86)
7.	Radiation Protection for Medical Exposure	(68)
8.	Protection against Non-ionizing Radiation	(19)
9.	Standards and Interpretation	(45)
10.	Training, Education and Communication	(51)
11.	Radiation and Nuclear Accidents	(102)
12.	News from IRPA Associate Societies	(14)

**Total 990**

**IRPA - 10**  
Tenth International Congress of  
the International Radiation Protection Association

Internacional de Protección Radiológica, la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes, la Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiológicas y el Comité Científico de Naciones Unidas para el estudio de los Efectos de la Radiación Atómica. Entre las sesiones plenarias se celebrarán tres simposios sobre los temas "Efectos sobre la salud de la exposición a bajas dosis y bajas tasas de dosis de radiación", que estará presidido por nuestro compañero David Cancio, "Toma de decisiones en situaciones de exposición crónica del público a la radiación", y "Retos para la Protección Radiológica del siglo XXI: Las radiaciones, su utilización, medición y protección".

También se impartirán, como es habitual, 16 cursos de refresco matinales, el Foro de las Sociedades Asociadas a la IRPA y la Asamblea General de la IRPA, a la que asistirá una delegación de la SEPR encabezada por nuestro Presidente. Para ampliar información sobre el congreso IRPA-10 se puede contactar con Eduardo Gallego, miembro de su comité científico

"mailto:gallego@ctn.din.upm.es"

"gallego@ctn.din.upm.es",

o visitar la página Web del congreso "http://www.convention.co.jp/irpa10/"

http://www.convention.co.jp/irpa10/;

sobre la candidatura de la SEPR para celebrar el congreso IRPA-11 con Leopoldo Arranz, Vicepresidente de la SEPR (mailto:larranz@hrc.insalud.es larranz@hrc.insalud.es), y sobre la representación de la SEPR en la Asamblea General de la IRPA y en el Foro de Sociedades, con Xavier Ortega, Presidente de la SEPR:

(mailto:xavier.ortega@upc.es

## La leucemia infantil en Cumbria (Reino Unido) no es debida a las Radiaciones Ionizantes

Un estudio de leucemia infantil y de linfoma no-Hodgkins (LNH) entre los 119539 niños nacidos durante 1969-1989 de madres que vivían en Cumbria (Reino Unido) ha proporcionado un fuerte apoyo a la hipótesis de que el riesgo de leucemia aumenta debido a la mezcla de poblaciones en fases tempranas de la

Número de casos observados y esperados de leucemia linfoblástica aguda (LLA) y de linfoma no-Hodgkins (LNH) en los niños de Seascale entre 1950 y 1989 y diagnosticados entre las edades de 1 a 14 años hasta 1992

	Número de casos observados	Número de casos esperados (NI del 95%)	Número atribuible a casos de mezcla entre poblaciones (NI del 95%)
Nacidos y residentes en Seascale	6	3.0 (1.3 - 6.0)	2.6 (0.8 - 5.7)
Residentes pero no nacidos en Seascale	2	2.0 (1.0 - 3.4)	1.7 (0.6 - 3.1)

gestación o durante los primeros años de vida (*British Journal of Cancer*, 1999, 81, p. 144). Esta hipótesis propuesta por Leo Kinlen supone que el mecanismo que causa la leucemia proviene de una rara respuesta a una infección común. Del estudio de poblaciones sujetas al influjo de nuevos miembros, portadores de infecciones a las que la población original no había estado expuesta (*Nuclear Energy*, 1995, 34, p. 5), muestra que este mecanismo es consistente con la mortalidad observada por leucemia linfoblástica aguda (LLA). El nuevo estudio proporciona una evidencia cuantitativa de que el cluster de leucemia en Seascale es consistente con el grado de mezcla de población ocurrido. Por el contrario la exposición a la radiación de los residentes en Seascale es al menos 100 veces más baja que la necesaria para justificar el cluster. Un editorial de Sir Richard Doll en el mismo número del *British Journal of Cancer* afirma que es el momento de considerar como establecida a la hipótesis de Kinlen sobre la mezcla de poblaciones como la causa de la leucemia infantil. La cohorte usada en este estudio comprende a todos los niños nacidos entre 1969-1989 de madres domiciliadas en Cumbria excluyendo el distrito de Seascale. Los registros de nacimientos se obtuvieron de la Oficina de Estadísticas Nacionales (ONS) y las direcciones de las madres se asignaron a uno de los 171 distritos electorales utilizados en el censo de 1991. Se codificó el condado de nacimiento de cada padre y madre. Los registros de cáncer se obtuvieron del ONS y de registros locales y nacionales. Se siguió la historia de cada niño hasta 1992 o hasta su muerte o hasta que emigró.

Esta gran cantidad de datos fue sometida a un exhaustivo análisis estadístico. La

tabla siguiente muestra un extracto de algunos de los resultados más relevantes relacionados con el cluster de Seascale.

Es notorio que el efecto de mezcla de poblaciones da cuenta con facilidad del exceso de casos entre los niños nacidos en Seascale. Dentro de Cumbria en conjunto pero excluyendo a Seascale se observó un incremento estadísticamente significativo de 11.7 veces en el riesgo de LLA/LNH con el mayor grado de mezcla de población. Como era de esperar, no se observó variación con la mezcla de poblaciones para otros tipos de leucemias y cánceres sólidos confirmando que la asociación encontrada para la LLA/LNH no es artificial. Junto con otros estudios, esta confirmación de la existencia de un agente infeccioso como la causa de la leucemia, deja el problema de identificar al o los agentes involucrados, lo cual puede ser excepcionalmente difícil si la causa es una respuesta rara a una infección común.

Es urgente también la necesidad de revisar estudios epidemiológicos previos de los efectos de la radiación que no tuvieron en cuenta este mecanismo infeccioso como un factor de confusión de la leucemia.

## No se observan efectos nocivos de las Radiaciones Ionizantes para exposiciones inferiores a los niveles regulados

Un grupo de más de 70 expertos internacionales en seguridad radiológica y líderes políticos ha concluido que la dosis más baja de radiación para la que existe un riesgo estadísticamente

significativo en seres humanos es de 10 mSv.

Esta conclusión fue una de las más de una docena de declaraciones políticas que realizaron los participantes en la conferencia "Puente entre Radiación y Ciencia" de 5 días de duración en la que se discutieron temas de política y de ciencia relacionados con los efectos de las bajas dosis de radiación ionizante.

"El objetivo de la conferencia fue juntar a políticos, reguladores, científicos, médicos y ambientalistas para explorar la forma de establecer una política efectiva hacia la opinión pública en relación con la seguridad de las radiaciones" según comentarios del señor Kenneth Mossman, uno de los organizadores de la conferencia y director de la oficina de seguridad Radiológica de la Universidad del Estado de Arizona.

Mossman calificó el evento – que tuvo lugar entre el 1 y el 5 de Diciembre de 1999 en el Centro de Conferencias de Airlie en Warrenton – como muy productivo y provechoso. Dijo que se alcanzó el consenso en un número muy importante de temas, en particular sobre los efectos de las bajas dosis de radiación. La conclusión de la conferencia sobre el nivel de radiación por debajo del cual no se observan efectos a la salud es consistente con el de la conferencia de Wingspread de 1997 (también comentada en estas páginas de **RADIOPROTECCIÓN**).

"Nuestra conclusión se basa en los resultados de numerosos estudios epidemiológicos llevados a cabo en los últimos 50 años sobre poblaciones expuestas a las radiaciones ionizantes de usos médicos, ocupacionales y militares" comentó uno de los participantes. "Más aún, apoya la necesidad de seguir investigando en radiobiología molecular y celular así y estudiando las poblaciones expuestas" – una de las conclusiones de la Conferencia de Airlie.

El grupo también concluyó que el concepto de estimar el impacto a la salud en poblaciones expuestas a dosis muy pequeñas de radiación sobre largos periodos de tiempo es una aplicación errónea de los principios y de la ciencia de la seguridad de las radiaciones. Los participantes en la conferencia "manifestaron que los efectos de niveles bajos de radiación, por debajo de

1 mSv/año sobre el fondo no pueden en la actualidad distinguirse de los riesgos naturales a la salud a los que estamos expuestos todos los días".

El senador americano Pete Domenici, presente en la conferencia, calificó de agrietado el actual sistema regulador sobre la dosis al público porque "nos fuerza a regular niveles de radiación que se aproximan al 1 % del fondo natural a pesar del hecho de que este fondo varía en más de un 50 % de unos lugares a otros de los Estados Unidos; y si esta regulación sobrestima los riesgos reales, está distrayendo fondos públicos de otros objetivos nacionales de mayor preocupación".

## Asociación Uruguaya de Radioprotección

La Asociación Uruguaya de Radioprotección, bajo la presidencia de Diva E. Puig, ha presentado su boletín electrónico nº 3, en el que describe el desarrollo de la Asociación durante su tiempo de actuación.

A pesar de los inconvenientes que presentaba el país, la idea de que la protección radiológica se formara como una asociación no fue desbancada. Contaron con el apoyo de profesionales de distintos países, entre los que la AUR ha destacado a Alejandro Yacovenko, Leopoldo Arranz y David Cancio, y finalmente se consolidó el 29 de abril de 1998 como una asociación civil sin fines lucrativos formada por trece socios fundadores. La AUR se afilió a la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC) y al Grupo Iberoamericano de Protección Radiológica (GRIAPRA). A un año de su creación, la Asociación Uruguaya de Radioprotección ya forma parte de la IRPA (International Radiation Protection Association).

Los objetivos de estos profesionales, entre otros, son promover la protección de los trabajadores, pacientes y miembros del público contra cualquier efecto dañino de las radiaciones ionizantes. Son los portavoces de los profesionales y técnicos que trabajan en áreas de la ciencia, tecnología y derecho nuclear; promueven la elaboración radiológica

en todas sus formas y lo difunden entre el público para fomentar programas educativos sobre la protección radiológica; propician el desarrollo profesional de sus miembros de acuerdo con los avances tecnológicos y la comunicación, así como la cooperación y participación entre los mismos. Por otro lado, cuentan con una biblioteca especializada a disposición de los socios y material informativo de los cursos, seminarios y las posibles actividades.

A lo largo de este año y medio de existencia, la Asociación Uruguaya de Radioprotección ha realizado las Primeras Jornadas de Actuación en Protección Radiológica y el Seminario de Protección Radiológica. Del mismo modo, participó en un proyecto de investigación iberoamericana llamado "Percepción del Riesgo Radiológico en el Sector Hospitalario". Posteriormente, en mayo de 1999, se realizó la Jornada Científica "Radiación y Sociedad" en Madrid.

En un futuro, además de continuar sus objetivos previstos, han presentado un proyecto para la Enseñanza Primaria dedicado a charlas informativas en escuelas de Montevideo tanto para alumnos como para profesores. Para el Congreso Mundial IRPA 10, que se desarrollará en Hiroshima el próximo mes de mayo, se han presentado dos trabajos: "Protección Radiológica en el Uruguay. El rol de la Asociación Uruguaya de Radioprotección", de Diva E. Puig, y "Asociación Uruguaya de Radioprotección", también de Diva E. Puig y M. Angélica Pereira.

## Conclusiones de la tercera reunión ALARA de la Comisión Europea dedicada a Dosimetría Interna

Una vez finalizada la tercera reunión ALARA de la Comisión Europea sobre dosimetría interna, que tuvo lugar en Munich en noviembre del pasado año, el Comité de Organización, cuya coordinadora por España fue Ana M<sup>ª</sup> Hernández Álvarez del Consejo de Seguridad Nuclear, ha procedido a identificar los aspectos más relevantes

puestos de manifiesto a lo largo de las diferentes sesiones de trabajo.

En primer lugar se han identificado dos grandes grupos dentro de los cuales se pueden englobar las diferentes situaciones con riesgo de contaminación interna:

- El primer grupo lo constituyen las situaciones en las que es predecible la existencia del riesgo. Dentro de este grupo se incluyen las instalaciones del ciclo de combustible (minería, refinamiento de uranio, fabricación de combustible, etc), industrias que utilizan materiales con isótopos radiactivos naturales y determinadas operaciones de desmantelamiento.

En todos estos casos, la exposición es razonablemente predecible. Los valores de las dosis estimadas son, con escasas excepciones, menores que los límites de dosis, si bien en algunos casos pueden suponer una fracción significativa de los mismos. En estas situaciones el principio ALARA es aplicable para el control de las dosis recibidas.

- El segundo grupo esta constituido por situaciones denominadas de "exposición interna accidental" o "exposición interna de tipo probabilístico". Se trata de trabajos que, en el caso de no tomarse medidas preventivas, pueden dar lugar a exposiciones significativas debidas a contaminación interna.

La probabilidad de tales exposiciones es baja, pero si se produce la incorporación las dosis resultantes podrían ser superiores a los límites de dosis.

En estos casos, habitualmente se aplica una política de prevención basada en el diseño de barreras de ingeniería (contención, blindajes, etc.) y utilización de equipos personales de protección. En tales situaciones, el principal objetivo es reducir la probabilidad de que ocurra el accidente con riesgo de contaminación interna.

Un segundo punto destacable de la 3ª Reunión ALARA sobre dosimetría interna, es la incidencia de muchos de los trabajos presentados en la dificultad asociada a la determinación de las dosis internas.

En relación con este tema, el sentir general de los asistentes a la reunión y, en particular de aquellos con responsa-

bilidad en la determinación de las dosis internas, es la necesidad de disponer de métodos y recursos lo mas sencillos posibles, pero lo suficientemente precisos, para la estimación rutinaria de las dosis internas.

A lo largo de la reunión, y en el contexto de las dificultades asociadas a la determinación de las dosis internas, se hizo especial mención a los muestreadores personales de aire (PAS). Este tipo de sistemas están adquiriendo especial relevancia, a pesar de no ser muy precisos, ya que permiten disponer de datos operacionales.

En cuanto a la comunicación de los resultados de las determinaciones de dosis se ha puesto de manifiesto la preferencia a hablar en términos de dosis (mSv) como en el caso de las dosis externas, y no de magnitudes de incorporación (Bq).

Teniendo en cuenta los diferentes temas tratados a lo largo de la reunión y de la discusión final, así como la opinión de los presidentes de cada sesión, el Comité Organizador ha considerado que pueden extraerse las siguientes recomendaciones:

### 1ª Recomendación

La Comisión Europea y los organismos reguladores de cada país deben hacer un esfuerzo de cara a disponer de mayor información en relación al número de trabajadores expuestos a incorporación y al perfil de las dosis recibidas.

### 2ª Recomendación

La estimación de las dosis internas a menudo supone la consideración de un amplio rango de parámetros, los cuales pueden llevar a un complejo mecanismo de estimación de dosis. Esta complejidad da lugar a problemas de cara a la comunicación de las dosis a los trabajadores, así como, en la gestión continua de las dosis.

Por ello, debe establecerse un balance entre la precisión científica y la pronta disponibilidad de la información dosimétrica. En aquellos casos en los que las dosis no constituyan una fracción significativa de los límites de dosis, la mayoría de los participantes en la reunión opinaban que debe prevalecer la facilidad en la estimación de las dosis,

aplicando protocolos mas complejos cuando las dosis sean mayores.

### 3ª Recomendación

Sin contradecir las recomendaciones anteriores, es necesario hacer un esfuerzo para implementar la calidad y precisión de las técnicas de vigilancia de las dosis internas (especialmente los muestreadores personales de aire).

### 4ª Recomendación

Se ha identificado cierto paralelismo entre el desarrollo de la aplicación del principio ALARA para la exposición externa en los años 80 y la necesidad de promover estudios para la aplicación de este principio a la exposición interna.

Dichos estudios deberían incluir un análisis retrospectivos de casos anteriores, y cubrir un amplio rango de escenarios de exposición como por ej. radiación natural, ciclo de combustible, medicina, fuentes de producción y transporte, etc.

### 5ª Recomendación

Se considerará que la 3ª Reunión ALARA sobre dosimetría interna ha sido un éxito en cuanto al intercambio de información entre especialistas en la materia, entre operadores y entre ambos grupos.

Dado que reuniones de estas características no tienen lugar con la frecuencia deseada, sería recomendable promover intercambios de este tipo.

### 6ª Recomendación

Se ha detectado que mientras el compromiso, disposición y conocimiento necesario para implementar el principio ALARA, es ahora común en el ámbito de la dosimetría externa, lo mismo no puede decirse para la exposición interna. En este sentido, los casos estudiados ponen de manifiesto la importancia de la participación de los órganos de dirección en la aplicación del principio ALARA.

Por todo ello, se invita a todos los implicados en la vigilancia y determinación de las dosis internas, y especialmente a los órganos de dirección, a la aplicación de este principio.

## Protección Radiológica 109

Guía sobre los niveles de referencia para diagnóstico (NRD) en las exposiciones médicas. La directiva sobre exposiciones médicas (97/43/Euratom)



establece que los Estados miembros deberán promover el establecimiento y la utilización de NRD en los exámenes de radiodiagnóstico y de medicina nuclear y la disponibilidad de guías a estos

efectos. El objetivo de esta guía es ofrecer orientaciones sobre el establecimiento de NRD desde el punto de vista de su implementación jurídica y de su aplicación práctica. Para su elaboración se contó con la asistencia del grupo de expertos sanitarios creado de conformidad con el artículo 31 del tratado Euratom.

## La Dosimetría de los trabajadores profesionalmente expuestos en España durante el año 1997

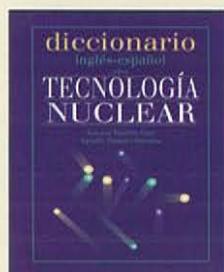
El Consejo de Seguridad Nuclear ha hecho presente esta publicación facilitando así la información elaborada por la Subdirección de Protección en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevado a cabo sobre las personas profesionalmente expuestas. Los datos reflejados forman parte del Banco dosimétrico Nacional (BDN), partiendo de las dosis individualizadas asociadas al tipo de instalación y trabajo en los que los profesionales expuestos han recibido dichas dosis. El objetivo es realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes. De esta forma reflejan el cierre del ejercicio dosimétrico correspondiente

al año 1997 con su respectiva actualización de los datos previamente presentados.

## Diccionario Inglés-Español sobre Tecnología Nuclear

### Glosario de Términos

Agustín Tanarro Sanz y Agustín Tanarro Onrubia



Este diccionario-glosario inglés-español sobre tecnología nuclear, editado y distribuido por el FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR, está dirigido a los profesionales

implicados con la operación, mantenimiento y explotación de centrales nucleares generadoras de energía eléctrica y, en general, a todas aquellas personas relacionadas de una u otra manera con este campo. Tanto durante su formación como en el desarrollo de sus actividades profesionales, este personal debe acudir a menudo a la literatura técnica y especializada, disponible muy frecuentemente en lengua inglesa. Con esta obra se pretende proporcionar una herramienta útil a estos profesionales, que facilite la comprensión de los textos especializados en inglés mediante la traducción y aclaración de la terminología específica asociada a los fundamentos, sistemas, componentes y funciones de las centrales, a las actividades y condiciones de operación que les son propias, a los ámbitos de la seguridad nuclear y de la protección radiológica y al ciclo del combustible nuclear.

Durante bastantes años los autores de esta obra, padre e hijo, han compaginado sus actividades profesionales en el ámbito de la física y la tecnología nucleares con la traducción del inglés al español y del español al inglés de textos, documentos, artículos e informes relacionados con estas disciplinas.

Esta obra, se resume en la traducción directa de más de 6500 términos,

acompañada en cerca de 2000 de los casos de una glosa más o menos extensa para proporcionar un conocimiento más preciso del significado, importancia y aplicaciones del término en los contextos en que puede ser utilizado.

## Publicaciones OIEA

### INSAG Series Nº 11

The Safe management of sources of radiation: Principles and strategies  
A Report by the International Nuclear Safety Advisory Group  
Fax: (43) 1 2600-29302

### Safety Standards Series Nº RS-G-1.1

Occupational Radiation Protection: Safety Guide  
Fax: (43) 1 2600-29302

### Safety Standards Series Nº RS-G-1.2

Assessment of Occupational Exposure due to intake of radionuclides: Safety Guide  
Fax: (43) 1 2600-29302

### Safety Standards Series Nº WS-G-2.2

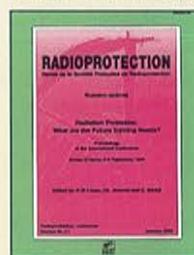
Decommissioning of nuclear power plants and research reactors: Safety Guide  
Fax: (43) 1 2600-29302

### Safety Standards Series Nº WS-G-2.2

Decommissioning of medical, industrial and research facilities  
Fax: (43) 1 2600-29302

## Radioprotection-colloques

La Sociedad Francesa de Radioprotección ofrece esta nueva edición como un número especial de sus habituales publicaciones. Bajo el título, "Radiation Protection: What are the Future Training Needs?" han conseguido reunir los textos de los ponentes



que participaron en la Conferencia Internacional de Saclay, Francia, que se celebró del 6 al 9 de septiembre del pasado año.

# CONVOCATORIAS

## • CIEMAT. Cursos abiertos en energías y medio ambiente. Calendario 2000

Formación en Protección Radiológica			
Título	Fechas	Duración	Cuota
Operadores de Instalaciones Radiactivas	22 Mayo - 9 Junio	50 h.	85.000 Ptas.
Supervisores de Instalaciones Radiactivas	29 Mayo-23 Junio	90 h.	115.000 Ptas.
Caracterización de Residuos Radiactivos	26-30 Junio	30 h.	85.000 Ptas.
Materiales Metálicos en la Industria Nuclear	18-22 Sept.	30 h.	100.000 Ptas.
Superior de Protección Radiológica	18 Sept.-22 Dic.	300 h.	460.000 Ptas.
Avances en Radiobiología	23-27 Oct.		85.000 Ptas./70.000 (socios de SEPR) 35.000 Ptas. (estudiantes y licenciados recientes)
Dosimetría Interna	13-17 Nov.	28 h.	125.000 Ptas.
Espectrometría Alfa y Aplicaciones	20-24 Nov.	18 h.	85.000 Ptas.

**Información: fjavier@ciemat.es**

Formación en Seguridad Industrial y Nuclear			
Título	Fecha	Duración (horas)	Cuota ptas.
Gestión de Residuos Radiactivos	hasta junio	54	165.000 Ptas.
Desmantelamiento de Instalaciones Nuc. y Radiactivas	22-26 Mayo	30	125.000 Ptas.
Análisis de Causa Raizz (ACR)	12-16 Junio	32	100.000 Ptas.
Cursos de Capacitación en colaboración con la OIEA	3-14 Abril y 13-24 Nov.	-	-

**Información: ferrera@ciemat.es**

### • Efectos biológicos de las Radiaciones Ionizantes y Protección Radiológica

La Sociedad Española de Protección Radiológica en colaboración con el CIEMAT y bajo el patrocinio del CSN, UNESA, ENUSA, ENRESA y la Junta de Extremadura organiza el curso "Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes y Protección Radiológica" que se celebrará del 23 al 27 de octubre de 2000 en Madrid.

El objetivo de esta convocatoria es presentar los conocimientos relacionados con los principales efectos biológicos radioinducidos y las metodologías aplicadas a la estimación de los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones. Del mismo modo tratarán los problemas prácticos que surgen en los servicios de radioprotección y, en definitiva, explicarán los avances relacionados con la protección radiológica.

Profesionales de los Servicios Médicos especializados en la vigilancia de los trabajadores profesionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes o de las Unidades de Salud Laboral, así como aquellos relacionados con el uso de las radiaciones ionizantes ya sea a un nivel médico o de investigación, expertos en protección radiológica y en general, cualquier profesional interesado

en adquirir un mayor conocimiento sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes será el público al que va dirigido este intercambio de conocimientos.

Más Información: Instituto de Estudios de la Energía CIEMAT. Tfno: 91 346 62 94  
Fax: 91 346 60 05

### • Primer anuncio de la convocatoria European Workshop on Individual Monitoring of External Radiation.

Organizado por STUK -Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finlandia, del 4 al 6 de Septiembre 2000. Más información: STUK -Radiation and Nuclear Safety Authority, Hannu Hyvönen.  
P.O.Box 14, FIN-00881 Helsinki, Finland  
e-mail: workshop.helsinki@stuk.fi  
Internet: <http://www.stuk.fi/workshop>  
Fax: +358 9 759 88 248

### • 5 th. International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects

Munich, Alemania. Del 4 al 7 de septiembre de 2000. Thechnical University Munich. Auditorium Maximum, Arcisstr. 21.  
D- 80333 Munich/Alemania.

El Institute for Radiation Hygiene (BfS), y National Research Centre for Environment and Health (GSF), en colaboración con el OIEA, UNSCEAR, WHO, y la Comisión Europea DG XII han ofrecido el primer anuncio oficial de la V Conferencia Internacional sobre los efectos de la dosimetría en la salud. Ésta es una de la sucesión de conferencias científicas organizadas por The International Committee on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas (ICHRRAs) y sus colaboradores. El objetivo de esta Conferencia internacional es producir un intercambio de informaciones científicas que sean destacadas en el campo de la radiación.

Más información: A. Bayer  
BfS - Institute for Radiation Hygiene  
P.O. Box 1108  
D - 85758 Oberschleissheim. ALEMANIA  
Tfno: +49-89-31603 - Institute for Radiation Hygiene. P.O. Box 1108  
D - 85758 Oberschleissheim  
ALEMANIA  
Tfno: ++49-89-31603-230  
Fax: ++49-89-31603-270  
email: abaye@bfs.de



La revista **RADIOPROTECCIÓN** es el órgano de expresión de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Los trabajos que opten para ser publicados en **RADIOPROTECCIÓN** deberán tener relación con la protección radiológica y, en general, con todos los temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR.

Los trabajos deberán ser originales y no podrán haber sido publicados en otros medios (a excepción de colaboraciones de especial interés, según criterio del Comité de Redacción). Su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita de la empresa editora de la Revista.

La editorial acusará recibo de los trabajos, sin compromiso de publicación. El Comité de Redacción decidirá admitir o rechazar el artículo, o solicitar el asesoramiento del Comité Científico.

En este último caso, el artículo será enviado al menos a un miembro de este Comité, que podrán aprobar (con o sin comentarios) o rechazar el artículo. Si hay comentarios, éstos se harán llegar a la editorial, que los comunicará a los autores para su consideración.

Los originales estarán a disposición de los autores que deseen recuperarlos, una vez publicado el artículo, en la editorial.

Los conceptos expuestos en los trabajos publicados en esta Revista representan exclusivamente la opinión personal de sus autores.

La Revista incluirá, además de artículos científicos, secciones fijas en las cuales se reflejarán noticias de la propia Sociedad, otras informaciones de interés, publicaciones, etc. Se incluirá también una sección de "Cartas al Director".

Todo trabajo o colaboración se enviará a:

Revista Radioprotección.

C/Isla de Saipán, 47. 28035 MADRID.

Los artículos deberán cumplir las siguientes normas técnicas:

## 1. ORIGINALES

- El idioma de la revista es el castellano
- El trabajo original tendrá una extensión máxima de 10 páginas (cuerpo 12, interlineado sencillo). Los gráficos, dibujos y fotografías se consideran aparte.
- Los trabajos se entregarán en diskette, con tres co-

pias en papel. Se utilizará un tratamiento de textos estándar (word, wordperfect).

- Las fotografías deberán entregarse en original (papel o diapositiva). Las imágenes digitalizadas deberán tener una resolución superior a 300 ppp. En caso contrario, se entregarán en papel

## 2. TÍTULO Y AUTORES

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

## 3. RESÚMENES EN CASTELLANO E INGLÉS

Tendrán una extensión máxima de 100 palabras en cada idioma y expresarán una idea general del artículo.

## 4. TEXTO

Estará dividido en las suficientes partes y ordenado de forma que facilite su lectura y comprensión, ajustándose en lo posible al siguiente esquema: Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

## 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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

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

## 6. ILUSTRACIONES Y TABLAS

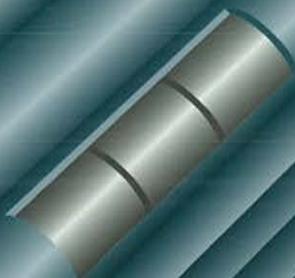
Los gráficos y las fotografías irán numerados en números arábigos, de manera correlativa y conjunta, como figuras.

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

# ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de  
las centrales nucleares europeas

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



 **ENUSA**

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