

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## II CONGRESO SEPR-SEFM



### ▲ *Entrevista:*

***Eduardo Gallego,  
Pedro Carboneras y Manuel  
Rodríguez***

*IRPA 13*

- ▲ *Estudio de la carga de trabajo a aplicar en el cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192*
- ▲ *Las bases éticas de los principios internacionales de Protección Radiológica*
- ▲ *Resultados y conclusiones de la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas*

Nº 69 • Vol. XVIII • 2011

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

## Directora

Ángeles Sánchez

## Coordinador

Borja Bravo

## Comité de Redacción

Teresa Duran  
Cristina Garrido  
Rosa Gilarranz  
José Gutiérrez  
Sofía Luque  
Matilde Pelegrí  
Javier Pifarré  
José Ribera  
Borja Rosell  
Inmaculada Sierra  
M<sup>a</sup> Luisa Tormo  
María Ángeles Trillo  
Fernando Usera

## Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

## Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

Ignacio Hernando  
Xavier Ortega  
Teresa Ortiz  
Eduardo Sollet  
Alejandro Úbeda

## Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

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

Imprime: IMGRAF, S.L.

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

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



EDICIÓN OCTUBRE 2011

## S U M A R I O

• Editorial	<b>3</b>
• Entrevista	<b>4</b>
- IRPA 13	
Eduardo Gallego, <i>miembro del Consejo Ejecutivo</i> Pedro Carboneras y Manuel Rodríguez, <i>miembros del Comité de Programas</i>	
• Noticias	<b>11</b>
- de la SEPR	11
- de España	58
- del Mundo	65
• II Congreso Conjunto SEPR-SEFM	<b>14</b>
• Colaboraciones	<b>30</b>
- Estudio de la carga de trabajo a aplicar en el cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192	
M <sup>a</sup> C. Pujades-Claumarchirant, J. Pérez-Calatayud y F. Ballester	30
- Las bases éticas de los principios internacionales de Protección Radiológica	
A. J. González	35
- Resultados y conclusiones de la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas	
P. Carboneras, T. Ortiz, E. Alcaide y C. Rueda	48
• Nota Técnica	<b>55</b>
• Proyectos de Investigación	<b>71</b>
• Publicaciones	<b>73</b>
• Convocatorias y Cursos	<b>74</b>

La SEPR permite la reproducción en otros medios de los resúmenes de los artículos publicados en Radioprotección, siempre que se cite al principio del texto del resumen reproducido su procedencia y se adjunte un enlace a la portada del sitio web [www.sepr.es](http://www.sepr.es), así como también el nombre del autor y la fecha de publicación. Queda prohibida cualquier reproducción o copia, distribución o publicación, de cualquier clase del contenido de la información publicada en la revista sin autorización previa y por escrito de la SEPR. La reproducción, copia, distribución, transformación, puesta a disposición del público, y cualquier otra actividad que se pueda realizar con la información contenida en la revista, así como con su diseño y la selección y forma de presentación de los materiales incluidos en la misma cualquiera que fuera su finalidad y el medio utilizado para ello, sin la autorización expresa de la SEPR o de su legítimo autor, quedan prohibidos.

# Editorial

Nuestra revista debe ser el vínculo constante entre todos los que formamos la SEPR, tanto a nivel de intercambio de conocimientos entre vosotros, los socios, como de información acerca de actividades, propuestas, y del día a día de nuestra Sociedad que esta Junta Directiva tiene la responsabilidad de haceros partícipes.

El Congreso de Sevilla ha marcado el año 2011, y ha supuesto la segunda edición de un Congreso Conjunto, que debe ser marca de que la unificación de esfuerzos puede redundar en una mayor eficacia. Queremos agradecer el esfuerzo que supuso dotar al Congreso de la máxima actualidad, con la organización del Foro sobre Fukushima, que por la cercanía de fechas parecía imposible poder realizar, y que sin embargo nos permitió disponer de información de máxima calidad sobre el suceso. Pero ya hay que empezar a organizar el próximo Congreso en Cáceres y os pedimos todas vuestras sugerencias para que sea también un éxito.

En este número cabe destacar las colaboraciones sobre aspectos de blindajes en instalaciones de braquiterapia, los resultados de la campaña de búsqueda de fuentes huérfanas, y las bases éticas de los principios internacionales de protección radiológica, muestra de la constante evolución y mejora de la protección radiológica.

La SEPR debe potenciar su proyección y colaboración internacional, y es un orgullo que socios de la SEPR tengan una participación destacada en diferentes Comités del Congreso de IRPA 13, en el que os animamos a participar aportando vuestra colaboración para que en este Congreso esté representada también la protección radiológica en nuestro país, en comunicaciones, etc..

Aunque la celebración de nuestro Congreso marca las actividades de ese año, debemos destacar la celebración de la Jornada de la protección radiológica en 2010 donde se presentaron todos los proyectos desarrollados en ese año, y las iniciativas de futuro en la protección radiológica, y también el curso de percepción del riesgo, que como curso precongreso, se celebró en Sevilla.

De la I+D en protección radiológica, muchas veces no se tiene suficiente información, y en otras ocasiones esta información se recibe cuando los proyectos ya han finalizado con lo que no se logra una amplia participación que ayude a lograr los retos propuestos. Para facilitaros la información más novedosa sobre la I+D en protección

radiológica en Europa, se ha celebrado la Jornada de participación española en las redes de excelencia de I+D, cuyo objetivo no solo ha sido solo informativo, sino también para potenciar estos proyectos entre todos los profesionales de la protección radiológica, de forma que los consideremos como algo de todos, y así colaboremos, cada uno de nosotros, aunque sea en pequeña escala, a que sean un éxito.

Esta próxima a celebrarse la Jornada de presentación de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales para presentaros el contenido de las mismas, y las principales modificaciones que han introducido las Recomendaciones de ICRP (ICRP 103) en el sistema de Protección Radiológica, tanto en lo referente a exposición ocupacional, del público, exposiciones médicas y situaciones de emergencia y protección del Medio ambiente. Esta jornada nos aportará una mayor información, pero también esperamos que el debate sobre las implicaciones en la protección radiológica en los diferentes sectores, nos facilite la puesta en práctica de estas nuevas Normas de Seguridad en el día a día de nuestras Instalaciones.

Uno de los objetivos del Plan estratégico de la SEPR para el bienio 2010-2012 es acercar la SEPR a la Sociedad. Se han hecho grandes esfuerzos para dar respuesta a los requerimientos de información que desde diferentes ámbitos estamos recibiendo de forma continua. También aportándoos a vosotros la máxima información sobre la actualidad en protección radiológica con la rapidez que exige, y para ambos objetivos la página web está siendo de vital importancia, gracias al esfuerzo de los compañeros que la activan y desarrollan. Muestra de ello es la completa y detallada información que sobre el accidente de Fukushima se ha incluido, en la que podéis encontrar además de artículos científicos, videos sobre el suceso y las presentaciones que se han realizado sobre este tema. Esta demanda nos está requiriendo acometer nuevas iniciativas en la página web, que para lo que os pedimos vuestras sugerencias y colaboración.

Está próximo a cumplirse el primer año de andadura de esta Junta Directiva y aunque hemos logrado algunos objetivos, sabemos que tenemos todavía muchos compromisos que cumplir, que nos van a requerir muchos esfuerzos, pero seguimos con la ilusión del primer día para seguir mejorando entre todos la SEPR.

MARISA ESPAÑA  
Presidenta de la SEPR



## Junta Directiva

Presidenta: M<sup>ª</sup> Luisa España  
Vicepresidente: Eduardo Gallego  
Secretaria General: Beatriz Robles  
Tesorero: Alejandro Úbeda  
Vocales: Óscar González, Borja Rosell, Carmen Rueda, Pedro Ruiz y Rosario Salas

## Comisión de Actividades Científicas

Presidente: Eduardo Gallego  
Secretaria: Isabel Villanueva  
Vocales: Josep Baró, Pío Carmena, Carlos Enríquez, Rosa Gilarranz, Margarita Herranz, Carmen Rueda, Pedro Ruiz, Ángeles Sánchez y Alejandro Úbeda

## Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: Alejandro Úbeda  
Vicepresidente: Eduardo Gallego  
Vocales: Pío Carmena, Cristina Correa, Beatriz Robles, Rosario Salas y Carmen Vallejo

## Comisión de Asuntos Institucionales

Presidenta: M<sup>ª</sup> Luisa España  
Secretario: Eduardo Gallego  
Vocales: Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Carmena, Pedro Carboneras, Manuel Fernández, José Gutiérrez, Ignacio Hernando, Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel Rodríguez, Rafael Ruiz Cruces y Eduardo Sollet

## Comisión de Publicaciones

Presidente: Borja Rosell  
Secretaria: Ángeles Sánchez  
Vocales: Juan Carlos Mora, José Gutiérrez

## Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60  
28020 Madrid  
Tel.: 91 749 95 17  
Fax: 91 570 89 11  
Correo electrónico: secretaria.sociedades@medynet.com

# IRPA 13

## EDUARDO GALLEGO, PEDRO CARBONERAS Y MANUEL RODRÍGUEZ

Entre los días 13 y 18 de mayo de 2012 se celebrará en Glasgow, Escocia, el 13<sup>er</sup> Congreso de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) y que será la reunión profesional más importante del mundo en lo que a la Protección Radiológica se refiere. Por ello, entrevistamos a continuación a los representantes españoles que forman parte tanto del Consejo Ejecutivo de IRPA, como del Comité de Programas de tan significativo evento.

### EDUARDO GALLEGO

#### Miembro del Consejo Ejecutivo de IRPA

Desde el punto de vista del Comité Ejecutivo, ¿cuáles son los principales objetivos de este nuevo encuentro de IRPA?

Cada congreso de la IRPA es una excelente oportunidad para poner nuestros conocimientos al día y conocer de cerca los temas que son objeto de mayor investigación; los avances en el conocimiento de los efectos biológicos y sanitarios de las radiaciones, las novedades en instrumentación para caracterizar la exposición y la dosis, los retos y los cambios en el sistema de protección radiológica, las experiencias prácticas en todo tipo de instalaciones, desde las médicas hasta las que manejan productos con sustancias conteniendo radionucleidos naturales en cantidades elevadas. La oportunidad es extraordinaria, ya que estos congresos sólo tienen lugar cada cuatro años, y a ellos acuden las personalidades más destacadas de cada sector, lo que permite debatir y recabar su opinión de forma directa. Por ejemplo, los congresos IRPA de Hiroshima y de Madrid fueron hitos clave en el desarrollo de las nuevas recomendaciones de la IRPA emitidas en 2007.

Por otro lado, el congreso de Glasgow ha elegido el lema "Conviviendo con la radiación – Interaccionando con la sociedad", lo cual nos



Eduardo Gallego.

sugiere la importancia que las radiaciones han tomado en la vida actual, y lo necesario que resulta contar con todos aquellos agentes que tienen un papel que jugar de cara a lograr un sistema de protección radiológica más robusto y efectivo, desde los profesionales y los reguladores, hasta los medios de comunicación y las ONG, pasando por las comunidades directamente afectadas, sea en el ámbito laboral, clínico, local, etc.

¿Qué papel tienen las redes sociales y las tecnologías de la comunicación en esta edición?

En los tiempos actuales, los organizadores del congreso decidieron hacer un amplio uso de las redes sociales más profesionales para difundir las informaciones del mismo, creando grupos en LinkedIn y Facebook, además de la excelente página web ([www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com)). Esto ha servido por ejemplo para evitar la costosa edición en papel y difusión por correo de los anuncios del congreso, logrando a la vez llegar a un mayor número de potenciales participantes. Pero además, a través de ellas también han



tratado de fomentar, por primera vez, la interacción entre los comités organizador y científico con los profesionales interesados en contribuir con sus ideas a lograr un congreso más efectivo.

### ¿Está prevista alguna iniciativa para promover la participación de los jóvenes profesionales y científicos?

Sí. IRPA está decidida a fomentar la integración y participación de los jóvenes en sus actividades. Así, la organización del congreso ha hecho una invitación especial a los profesionales y científicos más noveles. Para ellos se está organizando una velada de bienvenida, reuniendo a los jóvenes con un conjunto de veteranos de prestigio. Y se ha sugerido a las sociedades pertenecientes a la IRPA que seleccionen el mejor trabajo de sus jóvenes socios para optar al premio que se otorgará a la mejor ponencia presentada por jóvenes profesionales o científicos. Lógicamente, como el coste del viaje y del propio congreso puede ser una barrera para los jóvenes, se anima a las sociedades a que apoyen económicamente a los elegidos para su participación.

Por otro lado, el congreso cuenta con un comité internacional de apoyo que, al igual que en ediciones previas, coordinará los apoyos y subvenciones recibidos para canalizar las ayudas hacia los participantes. Los candidatos deben solicitar las ayudas antes del 16 de enero de 2012, y pueden recibir exención de la cuota de inscripción, o incluso ayuda para los gastos de viaje. Lógicamente habrá prioridades para los provenientes de países en vías de desarrollo, o de aquellos en los que aún no haya sociedad de IRPA creada. Pero en todos los casos se

valorará el tener un trabajo debidamente admitido y alguna fuente complementaria de financiación.

### España organizó en el año 2004 la undécima edición de IRPA. ¿Cómo ha evolucionado el encuentro desde entonces?

En general, yo creo que la evolución se ha basado en ir aprendiendo y tomando nota de los aspectos exitosos de las ediciones previas. Y en tratar de evitar aquellos errores que se pudieran haber detectado... Yo diría que en el plano técnico y científico, siempre se tratan de estructurar los contenidos de forma coherente y acaban representando una fotografía de detalle del estado de las diferentes cuestiones de relevancia en el mundo de la protección radiológica. Si algo es destacable es que de congreso en congreso se han abierto más espacios para los debates y el IRPA 13 promete incluir aún más espacios de debate. Lo interesante es que tanto si uno participa en esas discusiones, como si las observa, se cuenta en ellas con los mayores expertos o autoridades, y por lo tanto se aprende mucho. Así que el interés de estos congresos y su éxito es casi seguro, dado el elevado nivel de los ponentes que acuden. En eso el nivel se ha mantenido o incluso mejorado... pero de ello van a hablar más a fondo Pedro y Manuel.

### Usted fue presidente del Comité de Programas de IRPA 12. Es un reconocimiento a su trayectoria profesional, y también al papel de la PR en España. ¿Cuál es el posicionamiento de los profesionales de nuestro país en la PR internacional?

El nivel de la PR española en el contexto internacional es muy bueno, como se ha podido apreciar en el

anterior número de esta revista (número 68) dedicado a la representación que se tiene en distintos comités internacionales. En ellos, más que una mera participación "de oficio", se constata en general una participación muy activa y en muchos casos de liderazgo. Las actuaciones de colegas españoles en la ICRP, el OIEA y sus distintos comités, Euratom, Eurados, UNSCEAR, etc. son realmente significativas. Como asociación, la SEPR es, dentro de la IRPA, una de las más dinámicas. Se ha contribuido de forma destacada al proceso de elaboración de los principios de la IRPA para los profesionales de la protección radiológica en relación con los procesos de participación de las partes interesadas, y en la actualidad se participa en lo relativo a la cultura de protección radiológica. La SEPR mantiene desde hace muchos años un estrecho contacto con las sociedades europeas de la IRPA, así como con las de Latinoamérica. Por número de asistentes a los congresos de IRPA España está en la cabeza desde hace ya varias ediciones (en el IRPA 12 ocupamos la cuarta posición). El esfuerzo colectivo de la profesión en España se está viendo reflejado sin duda en el mayor peso que poco a poco vamos tomando internacionalmente.

### Con relación a la organización, ¿Cuántos congresistas espera recibir IRPA 13?

En Madrid hubo cerca de 1300 congresistas y en Buenos Aires casi 1400. En Glasgow se esperan más de 1500 congresistas, en tendencia creciente. Pero, en el plano organizativo, como congreso mundial, el éxito ha de valorarse también a través del número de países representados. En ese sentido, el IRPA 12

batió el record con 88 países, y se aspira a que a Glasgow vengan profesionales e investigadores de casi 100 países. Esperemos poder ver confirmadas esas expectativas.

### ¿Qué participación se prevé de los países emergentes?

A juzgar por lo que supuso su participación en Buenos Aires, sin duda que esta representación debe ser muy destacada. Allí hubo una gran representación de Brasil, lógica por otra parte, y muy significativa de China. Por lo que se ha visto en los congresos regionales de IRPA organizados en 2010, es de esperar que crezca la representación de los países asiáticos, en particular la de India. También influirá seguro el atractivo del Reino Unido para los países miembros de la Commonwealth, aunque aún es pronto para poder estimar cifras, ya que apenas se acaba de cerrar el plazo de admisión de resúmenes de comunicaciones.

### ¿Ha considerado el Comité Organizador la posible influencia de la crisis económica en el desarrollo y la financiación del congreso?

Si bien yo no formo parte del Comité Organizador, de los datos que nos han proporcionado, la principal medida adoptada ha sido la de la prudencia en los gastos, como no podía ser de otra manera. Una vez comprometido el emblemático Palacio de Congresos de Glasgow, las incertidumbres en cuanto a la financiación se están tratando de cubrir con la moderación en el gasto y la separación del coste de algunos eventos de la cuota principal de inscripción. También se han buscado formas nuevas de patrocinio, por ejemplo, de ciertas actividades, con las que conseguir que las empresas aporten más fondos.

De todos modos, como pudimos darnos cuenta al organizar el IRPA 11 en Madrid, el éxito desde el punto de vista organizativo depende enormemente de dos factores clave: por un lado, se necesita la implicación entusiasta de un amplio colectivo voluntario de socios de la asociación organizadora, que se ocupen con dedicación de los diferentes aspectos que hay que atender; y por otro, es imprescindible el apoyo de una organización profesional para gestionar el gran volumen de trabajos, inscripciones, empresas, etc. Lógicamente, si se funden los esfuerzos y la competencia de unos y otros, el éxito organizativo está "casi asegurado". Aunque luego, claro, siempre pueden surgir imprevistos que en un momento dado comprometan alguna sesión, o acto social. En general, un riesgo que debe tenerse en cuenta es el de "morir de éxito" por inscribirse a última hora un número de participantes muy superior al previsto (y eso ha sido habitual en congresos previos de la IRPA); pero también puede suceder un acontecimiento que provoque numerosas cancelaciones (pensemos por ejemplo en la situación que creó el volcán islandés hace menos de un año). Así que tal vez, entre las incertidumbres que sobrevuelan este tipo de congresos, la crisis económica sea tal vez una de las más predecibles.

### ¿Cuáles son las fechas que deben tener presentes los profesionales interesados en asistir a Glasgow?

Una vez cerrado el plazo para el envío de resúmenes, los autores serán notificados sobre su aceptación y la modalidad de presentación antes del 30 de noviembre. El plazo de inscripción a precio reducido termina el 16 de enero de 2012. Y para

el 12 de marzo como fecha límite habrá que enviar los trabajos completos, incluyendo el correspondiente póster en formato pdf. La inscripción previa se cerrará el 7 de mayo, y el congreso tendrá lugar del 13 al 18 de mayo de 2012.

### ¿Cuáles son las actividades sociales más atractivas?

Al celebrarse en Escocia, los actos sociales van a estar impregnados de la cultura tradicional de esa parte del Reino Unido. Yo destacaré la velada para los jóvenes que hemos comentado anteriormente y la despedida del congreso en la que no faltará la bebida escocesa por excelencia... el whisky. Por otro lado se podrá participar de forma opcional en una velada escocesa y en la cena de gala. Hay que destacar también el excelente programa ofertado de visitas técnicas a instalaciones que resultará posible conocer con este motivo, tales como las de Sellafield, la base naval de Clyde, la instalación ALPHA-X, el almacén de residuos radiactivos de Drigg y otras. Sin olvidar las atractivas excursiones por el distrito de los lagos... que pueden ser el complemento perfecto antes o después del congreso.

### **PEDRO CARBONERAS Y MANUEL MARTÍNEZ**

#### **Miembros del Comité de Programas de IRPA**

IRPA es el congreso de referencia en el mundo de la protección radiológica. ¿Cuál es el eje central desde el punto de vista del programa técnico?

El tema central del congreso es "Viviendo con radiaciones-Comprometiéndonos con la sociedad". Este título nos da muchas pistas sobre cuál va a ser ese eje. Por un lado tratar



Pedro Carboneras.

de desdramatizar la exposición a radiaciones, presentándola tal y como es hoy en día, un hecho cotidiano y que en muchos casos reporta importantes beneficios para las personas y la sociedad. Por otro lado, aunque los protagonistas del congreso, como en todos los de la IRPA, son los profesionales de la Protección Radiológica, se quiere dar especial importancia a la relación de estos con otros sectores de la sociedad en general, no solo por la definición de los temas a abordar y la orientación de los mismos, sino invitando directamente a colectivos concretos a participar activamente en el congreso.

Por supuesto, y aunque no se contaba con ello en las etapas iniciales de definición del congreso, el accidente de Fukushima, sus consecuencias ra-

diológicas, las actuaciones en curso previstas en la zona y las lecciones aprendidas para la aplicación del sistema de protección radiológica en situaciones de accidente y en las etapas posteriores de recuperación, van a tener una presencia muy importante en el congreso.

**Esta edición de IRPA está estructurada en diversos tipos de sesiones: plenarias, técnicas, conferenciantes invitados, foros con organizaciones internacionales, cursos de refresco. Las sesiones plenarias abordan los temas de mayor actualidad. ¿Cuáles son los contenidos de estas sesiones, y qué personalidades han confirmado su asistencia?**

En este momento los detalles del programa científico están aún terminando de perfilarse y no disponemos

aun de todos los detalles sobre las sesiones plenarias. Si podemos adelantar que aparte de las sesiones clásicas de apertura, conferencia Sievert, actividades de IRPA, conclusiones del congreso y cierre, habrá una sesión plenaria sobre Bases Científicas, en la que se tratarán los nuevos avances en radiobiología y epidemiología de las radiaciones; una sobre aplicación del sistema de Protección Radiológica en la que tendrán protagonismo las nuevas recomendaciones de ICRP, las nuevas BSS del OIEA recientemente aprobadas, y el proyecto de Directiva con las nuevas BSS de la Comisión Europea; otra sesión Plenaria estará dedicada a la participación de las "partes interesadas" (stakeholders en nuestra jerga), en la que se abordarán temas relativos a ciencias sociales y comunicación del riesgo, construcción de la confianza y uso de los medios de comunicación, presentando ejemplos concretos; habrá una más dedicada al tema de las radiaciones no ionizantes, y finalmente, habrá una sesión plenaria doble sobre el accidente de Fukushima.

**El programa inicial prevé la celebración de 35 sesiones técnicas, que agrupan los trabajos presentados. ¿Cuáles son los temas que se abordarán en esas sesiones**

En las sesiones técnicas, como ya viene siendo clásico en estos congresos, se tratará de abordar todos los aspectos técnicos relacionados con la protección radiológica. En esta ocasión se han agrupado en once áreas temáticas: efectos de las radiaciones, metrología y dosimetría, sistema de PR, participación de las "partes interesadas", radiaciones no ionizantes, exposiciones en aplicaciones industriales, exposiciones

médicas, residuos, situaciones de emergencia, situaciones existentes y protección radiológica del medio ambiente. Finalmente se ha previsto un área técnica dedicada al accidente de Fukushima.

### ¿Qué temas creen que captarán mayor número de ponencias?

El plazo para la remisión de resúmenes se ha cerrado el pasado día 16 de septiembre y la distribución de los mismos a los miembros del Comité Científico para su valoración está prevista para los primeros días del mes de octubre, por lo que en este momento no disponemos de esa información. El comité científico estima que los temas con mayor interés van a ser los relacionados con las nuevas recomendaciones y normas, los relativos a la participación de las partes interesadas y, por supuesto, los relativos a los diferentes aspectos del accidente de Fukushima.

### ¿Cuál será el funcionamiento de las sesiones con conferenciantes?, ¿puede adelantarse el contenido de algunas de ellas?

Además de en las sesiones plenarios, está previsto que en las áreas temáticas que hemos indicado haya "conferenciantes invitados", es decir personas de reconocido prestigio en cada área a las que, dentro de alguna de las sesiones técnicas, se va a pedir una charla algo más extensa que las previstas en las restantes comunicaciones orales, para presentar el panorama general en la materia y poner una perspectiva adecuada sobre la misma. El contenido de estas charlas será sobre los aspectos más importantes de cada área temática, seleccionados por el comité científico previa consulta



Manuel Rodríguez.

con los invitados. Nuevamente faltan aun muchos detalles por confirmar, por lo que no resulta adecuado dar mucha más información, no obstante y como siempre en los congresos IRPA, creemos que los conferenciantes de las sesiones plenarios y los invitados serán personas del máximo nivel científico/técnico y los contenidos de las conferencias de máxima actualidad e interés

Para algunas áreas temáticas se han previsto unas sesiones técnicas para discusión de cuestiones clave (key issues discussion sessions o KIDS) en las que se tratará de recopilar las opiniones de expertos sobre temas en desarrollo o pendientes de resolución. También se han previsto sesiones técnicas tipo simposio en las que conferenciantes invitados presentarán y discutirán algunos temas técnicos de interés.

Estamos trabajando para que todos estos tipos de sesiones tengan un importante soporte mediante empleo de sistemas informáticos, que faciliten el acceso y la participación de los asistentes al congreso.

### Las lecciones aprendidas o las buenas prácticas serán también abordadas en IRPA 13. ¿Cuál será el formato para estas presentaciones?

Por supuesto en cada una de las áreas temáticas en que se agrupan las sesiones técnicas, esperamos que un importante número de comunicaciones tengan como objetivo presentar actividades y experiencias de profesionales de protección radiológica del mundo entero. En las sesiones técnicas se ha previsto que haya comunicaciones orales y posters. En relación con estos últimos esta aún perfilándose la forma en la que se van a comunicar durante el congreso.





Los cursos de refresco son de gran importancia para conocer las novedades en materia de PR. ¿Cuáles serán los temas analizados en esta ocasión?

Se han programado un total de veinticinco cursos de refresco. Hay cursos en cada una de las once Areas temáticas que hemos mencionado antes. A destacar el área de exposiciones médicas en la que han programado hasta cinco cursos de refresco, todos ellos en temas de gran interés como protección radiológica en CT pediátrico, nuevas terapias con radionucleidos o protección de las mujeres embarazadas en los centros médicos. Destacan también las áreas de exposiciones en aplicaciones industriales y participación de las partes interesadas con cuatro y tres cursos de refresco programados respectivamente. Algunos cursos específicos, como los dedicados a Detrimiento Radiológico, Campos Electromagnéticos o Protección Radiológica en Industrias NORM, creemos que resultan muy atractivos por su novedad y por la dificultad de realizarlos en otros ámbitos.

¿Cómo ha influido el accidente de la central japonesa de Fukushima en la organización del congreso?

Aunque el accidente ocurrió cuando el programa del congreso se encontraba ya muy avanzado, se ha hecho un esfuerzo por adaptarlo de forma que todos los aspectos de protección radiológica relativos al mismo tengan una presencia importante. Finalmente, al margen de la referencia que se hagan en las sesiones generales del congreso, se ha previsto una sesión técnica y dos sesiones plenarias específicamente dedicadas al accidente. La fecha prevista de celebración del congreso, un año y pocos meses después del accidente, parece que será un buen momento para tener los primeros resultados, con-

clusiones y lecciones aprendidas sobre las consecuencias y actuaciones de corto plazo y para tener avanzada la definición y criterios para las actuaciones a largo plazo, por todo ello pensamos que Fukushima será uno de los temas de mayor interés del congreso.

Uno de los aspectos más destacables de esta edición es la participación de organismos internacionales como el OIEA, la OMS o la industria nuclear a través de WNA. ¿Qué actividades están previstas para ello?

Se ha previsto que la sesión plenaria dedicada al sistema de protección radiológica y las sesiones técnicas tipo simposio, serán los espacios en los que tendrá lugar mayoritariamente la participación de organismos internacionales; además en las sesiones técnicas en la que se han previsto la participación de conferenciantes invitados es de esperar que algunos de ellos sean personas que ocupen puestos relevantes en esos organismos o instituciones.

La percepción de los riesgos de la radiación es muy diferente a la que tienen los profesionales y los científicos. ¿Cómo tiene previsto el Comité de Programas analizar este tema?

Dentro del Area temática de participación de las partes interesadas se han previsto sesiones técnicas específicamente dedicadas a comunicación del riesgo, construcción de la confianza y uso de los medios de comunicación. Cuando desarrollábamos el programa del congreso pensamos que en estas sesiones debían tener cabida no solo los puntos de vista de los profesionales de la protección radiológica, sino los de todas aquellas partes interesadas como profesionales de la comunicación, psicólogos, docentes, ecologistas, miembros del público y cualquier organización o profesional que pueda

aportar algo en este aspecto tan importante y que esperamos que tenga una importancia central en el congreso. Un resultado magnífico del congreso sería que reduyésemos aunque fuese en una cantidad mínima esas diferencias de percepción a las que te refieres.

Teniendo en cuenta el lema del congreso, ¿qué vías se proponen para fomentar la participación de los llamados "stakeholders" en IRPA 13?

Los miembros de los Comités Organizador y Científico, en las primeras etapas de definición del congreso recibimos el encargo, a través de nuestras sociedades nacionales de Protección Radiológica, de mantener informados a todas las "partes interesadas" en nuestros respectivos países, tratando de fomentar su asistencia y participación; esto se ha hecho también a través de los sucesivos anuncios del congreso y de la página Web ([www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com)).

Algunas de las sesiones técnicas tipo simposio se han definido con el objetivo de fomentar la participación de partes interesadas distintas de los propios profesionales de la protección radiológica. Encontramos sesiones dedicadas a Experiencias de personas afectadas o a la enseñanza de la protección radiológica en las escuelas.

En paralelo con el congreso, otras organizaciones van a celebrar Foros específicos, se ha programado uno sobre ética y valores (NEA/ICRP), uno sobre Aspectos legales de la protección radiológica (INLA), y uno sobre Asistencia Sanitaria Global (WHO, PAHO, OIEA).

Los organizadores de esos simposios y foros tienen el compromiso de promover la participación en los mismos del mayor número de partes interesadas posible.

# CUZCO 2012



## SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### Encuentro Iberoamericano de Protección Radiológica

Cuzco, Perú - 2 a 4 de abril de 2012

La **Sociedad Peruana de Radioprotección**, dentro del marco de la celebración de sus 25 años de fundación, organiza el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica con el propósito de alentar y promover el diálogo y el intercambio de información y conocimientos entre especialistas de la región latinoamericana y otras latitudes.

Los actuales desarrollos en las aplicaciones que emplean fuentes de radiaciones ionizantes en diversos campos como la medicina, industria, enseñanza, investigación y otros, así como las recientes recomendaciones que se han publicado sobre seguridad y protección radiológica, hacen necesario establecer mecanismos de intercambio entre especialistas

para discutir ampliamente sobre los retos que se plantean en cuanto a su implementación. En este aspecto, la realización del simposio representa una de los medios que hacen posible este intercambio basado en la presentación de experiencias, propuestas y su tratamiento a través de trabajos y mesas de discusión previstas en esta reunión.

El simposio se desarrollará en sesiones técnicas durante los tres días que se efectúe en el Auditorio del Paraninfo de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, Perú.

La sesión de apertura incluirá el discurso de bienvenida y una conferencia magistral sobre un tema de actualidad en protección radiológica.

Las sesiones técnicas estarán dedicadas a las áreas temáticas programadas a través de conferencias, presentaciones orales, presentaciones de pósters y panel de discusión.

Se dará especial atención a la presentación de resultados de trabajos desarrollados por organismos nacionales e internacionales.

Se espera que en cada sesión se tengan conclusiones y recomendaciones que deben ser el resultado de un amplio debate entre los asistentes.

La sesión final incluirá una presentación de las discusiones realizadas y de las conclusiones arribadas, las cuales serán posteriormente publicadas y difundidas adecuadamente en todos los ámbitos de trabajo en protección radiológica.

### Áreas Temáticas

Las áreas temáticas a tratarse durante el simposio incluirán las siguientes:

- Protección radiológica del paciente.
- Protección radiológica ocupacional.
- Protección del público y del ambiente.
- Seguridad radiológica en medicina, industria, enseñanza, investigación y otros.
- Emergencias radiológicas.
- Gestión de desechos radiactivos. Transporte de material radiactivo.
- Fuentes de radiación natural.
- Metrología y dosimetría. Dosimetría clínica.
- Gestión Reguladora. Regulación y control.
- Radiaciones No Ionizantes.

### Patrocinadores



### Inscripción

	Hasta el 15 - 1 - 2012	A partir del 15 - 1 - 2012
Profesionales	150 \$	200 \$
Estudiantes	75 \$	100 \$

### Organización

La organización está a cargo de la Sociedad Peruana de Radioprotección con el apoyo de la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC).

#### Comité Organizador

*Presidente:*

Eduardo Medina Gironzini (SPR, Perú)

*Miembros:*

Renán Ramírez (SPR, Perú); Sandra Guzmán (SPR, Perú); Ana María Bomben (FRALC, Argentina); Josilto de Aquino (FRALC, Brasil); Carlos Ubeda (SOCHIPRA, Chile); David Lea (SOVEPRA, Venezuela); Pablo Jimenez (OPS); Leopoldo Arranz (SEPR, España); Marisa España (SEPR, España); Juan José Peña (SEPR, España); y Rafael Ruiz Cruces (SEFM, España).

#### Comité Nacional (SPR)

Efigenia Seminario; Alexander Cárdenas; Lourdes Gómez; Kelita Jara; Bertha García; Fernando Márquez; Pedro Valdivia; Galo Patiño; Fabiola Amaya; y Yuliana Ayala.

#### Comité Científico

*Presidente:* Renan Ramírez (SPR, Perú)

*Miembros:*

Sandra Guzmán; Pedro Valdivia; Eduardo Medina; Ana María Bomben; Josilto de Aquino; Carlos Ubeda; Pablo Jiménez; Leopoldo Arranz; y Walter Truppa

### Programa Científico

El simposio se desarrollará en sesiones técnicas dedicadas a las áreas temáticas.

Cada sesión se inicia con una Conferencia a cargo de un especialista quien expondrá un tema específico de interés actual y luego habrá exposiciones cortas a cargo de 3 o 4 especialistas que compartirán una mesa redonda. Se espera un amplio debate de los temas programados con activa participación de los miembros de la mesa y de los asistentes a fin de contar con conclusiones y recomendaciones al final de cada sesión, las mismas que serán difundidas posteriormente a nivel internacional y en especial a las autoridades nacionales, organizaciones profesionales, Sociedades de Protección Radiológica, organismos internacionales, órganos reguladores, etc.

Los trabajos presentados serán presentados como pósters y algunos serán seleccionados para presentación oral. En la sesión de clausura se presentarán las conclusiones y recomendaciones de todas las sesiones. Los resúmenes serán presentados en el Libro de Resúmenes y los trabajos completos serán publicados en un CD. También podrán ser publicados en la Revista Latinoamericana de Protección Radiológica.

Todos los trabajos estarán en INIS del OIEA.

## LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva celebró su cuarta reunión de 2011, en el Ciemat, el día 21 de septiembre. Durante la misma se realizó un análisis crítico del Congreso Conjunto de Sevilla (SEPR-SEFM) que servirá para mejorar algunos aspectos de los próximos congresos.

Eduardo Gallego presentó la propuesta del Plan de Actividades para el año 2012. Durante la reunión se plantearon nuevos talleres, jornadas y cursos para completar el borrador de las actividades de la Sociedad para 2012. El borrador será analizado y completado por la Comisión de Actividades Científicas en su próxima reunión antes de ser aprobado por la Junta Directiva

Otros temas tratados fueron:

- Aprobación del alta de 10 nuevos socios y baja de ocho.
- Eduardo Gallego presentó un resumen sobre la última reunión del Consejo Ejecutivo de IRPA, celebrada en Seúl del 28 al 30 de mayo.
- El 17 de octubre se celebrará en Londres la reunión de las Sociedades Europeas de IRPA, se acordó que sea Eduardo Gallego, como vicepresidente, quien represente a la SEPR.
- Desde el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad se ha solicitado a la SEPR asesoramiento para la elaboración de los documentos de Estándares y Recomendaciones para unidades del área del cáncer y de diagnóstico por imagen.
- Así mismo la SEPR sigue participando en el Programa de cribado del cáncer de mama de la Comunidad de Madrid.
- Propuestas para los Comités Científico y Organizador del próximo congreso conjunto de Cáceres.

*Beatriz Robles - Secretaria General de la SEPR*

## II Jornada "Comunicación y Riesgo Radiológico"

El saber cómo, cuándo, y dónde se debe realizar la comunicación del riesgo radiológico a las personas expuestas debido a las diferentes prácticas con radiaciones ionizantes, es una necesidad no solo para los profesionales de la protección radiológica, sino también para médicos prescriptores, médicos



*Algunos miembros de la SEPR asistentes a la jornada.*

- especialistas, expertos en comunicación y para todas las personas que desde diferentes ámbitos deben comunicar el riesgo a la población.

- Por ello, la Sociedad Española de Protección Radiológica, consciente de la necesidad de ayudar a los profesionales en su faceta de informar del riesgo radiológico, organizó el día 10 de mayo, en Sevilla, una segunda edición de la jornada taller tras el éxito de la primera, celebrada en Madrid, hace un par de años. Dicha jornada estuvo acreditada por la Agencia de Calidad Sanitaria de Andalucía de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.



*Aspecto de la jornada durante la presentación de ponencias.*

- La coordinación del curso corrió a cargo de Esther Angulo Paín, facultativo especialista en Radiofísica Hospitalaria del Hospital U. Puerta del Mar de Cádiz; Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz, jefe de Servicio del Hospital U. Ramón y Cajal de Madrid; y Javier Luis Simón, facultativo especialista en Radiofísica Hospitalaria del Hospital U. Virgen del Rocío.

- Participaron 28 profesionales de variados ámbitos: sanitario, organismos reguladores, industria nuclear, universidad y empresas, lo cual enriqueció la jornada con la puesta en común de las distintas experiencias y visiones personales.

- La inauguración corrió a cargo de la presidenta de la SEPR, Marisa España, en la que precisó que "el conocer las mejores técnicas de comunicación es básico para los profesionales que de una u otra forma han de planificar y realizar la comunicación de un riesgo radiológico, ya que en general la sociedad percibe para las actividades con radiaciones un nivel de riesgo inaceptable"

- Leopoldo Arranz comenzó la jornada con la ponencia "La comunicación como respuesta a la percepción del riesgo radiológico" en la que señaló tanto las dificultades: (terminología específica y compleja, difícil comprensión modelo dosis-efecto (relación lineal sin umbral), difícil comprensión sistema ALARA y límite de dosis, fundamentos radiobiológicos complejos e incierto) como los puntos a favor de los que disponemos (mejor conocimiento de los efectos respecto a otros riesgos, aceptación del riesgo por conocer sus beneficios, facilidad de obtención de información) en la comunicación del riesgo. Comentó los resultados de la investigación realizada entre el año 1998 y 2001 con base a 5376 encuestas referente a la percepción del riesgo radiológico en el área sanitaria, en

la que se concluye que la población acepta dicho riesgo al observar que recibe un beneficio en forma de diagnóstico o tratamiento, en contraposición de la percepción del riesgo en relación a la industria nuclear que no perciben un beneficio neto y señaló que los principios éticos de la comunicación del riesgo están basados en la empatía: "no se trata de informar a... sino de comunicar con...". Finalmente hizo un resumen de cuáles son las reglas de la comunicación y los puntos clave de una política informativa.

Siguió la ponencia "Percepción subjetiva, comprensión y comunicación" previa a la realización del taller, dirigido por Hernán Cancio López, Psicólogo Clínico – Master en Psicología de la Salud (UCM), director técnico del Instituto Antae, especialista en *counselling* y formador especializado en comunicación para el personal sanitario.

"El riesgo no tiene el mismo sentido para todos y la definición de *aceptabilidad* depende del contexto de la situación considerada" comentó Hernán Cancio. Explicó cómo construimos la percepción subjetiva de la información y los dos modos de procesar información: el cerebro emocional y el cerebro racional. Trató desde qué creencias y valores la gente percibe la radiactividad, es decir, qué es lo que entiende el receptor cuando hablamos de ella. Se trabajaron algunas premisas para mejorar la comunicación (empatía, validar la percepción del otro, regular las propias emociones, utilizar la pregunta reflexiva más que las frases perfectas, ir a la emoción del interlocutor, saber utilizar el acuerdo parcial y otras estrategias que hagan permeable al interlocutor etc.). Los asistentes participaron activamente y con gran entusiasmo durante el taller.

Los resultados de la encuesta de satisfacción indicaron una valoración global del mismo de 8,9 sobre 10 y una valoración global del docente de 9,5 sobre 10. En general, todas las categorías evaluadas (cumplimientos de objetivos, cumplimiento de expectativas, contenido de los temas abordados, utilidad de lo aprendido, método de trabajo y duración de la jornada) han obtenido valores por encima de 8.

Los objetivos del taller eran capacitar a los profesionales para realizar una comunicación efectiva de los riesgos radiológicos entrenando en técnicas de gestión emocional y comunicación para conseguir una mayor eficacia fueron ampliamente alcanzados.

*Esther Angulo y Leopoldo Arranz.*

### Guía de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones de centros de investigación y del ámbito sanitario

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) ha editado en mayo de 2011 la "Guía de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones de centros de investigación y del ámbito sanitario". La necesidad de la edición de una guía de estas características surgió tras la realización de las dos ediciones del curso "Medidas de Contaminación Radiactiva en Instalaciones Radiactivas de Medicina y de Investigación y Docencia". Curso organizado por la SEPR en



colaboración con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Enresa y el Hospital Universitario "La Paz", de Madrid. En dicho curso se comprobó que era necesario obtener un documento que armonizase los procedimientos de medida de la contaminación en las instalaciones radiactivas de fuentes no encapsuladas de las áreas médica y de investigación. Por tanto, la SEPR decidió la elaboración de

este documento con el espíritu de facilitar a los profesionales en protección radiológica de los ámbitos indicados, no sólo la formación, sino también los aspectos de entrenamiento relativos a esta práctica recogida en los artículos 18 y 26 del Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, en los que se establece la necesidad de realizar medidas de contaminación radiactiva personal y en las áreas de trabajo.

En la redacción del documento han participado expertos profesionales pertenecientes al CSIC, a la Universidad Autónoma de Madrid, a la Universidad de Santiago de Compostela, al Hospital Doce de Octubre, al Hospital Universitario La Paz y a Lainsa SAU. El grupo revisor ha estado compuesto por expertos profesionales del CSN, CSIC, Hospital Universitario La Paz, Hospital Universitario Ramón y Cajal y del Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares. Las entidades patrocinadoras han sido el CSN, Unesa, Grupo Enresa.

La guía está estructurada en diferentes capítulos que presentan una visión integral de las medidas de contaminación radiactiva, incluyendo el conjunto de medidas que permiten comprobar experimentalmente, y con la periodicidad necesaria, que los niveles de contaminación están dentro de los límites establecidos. Igualmente, se presentan criterios para estimar las dosis derivadas de las posibles contaminaciones y realizar el posterior análisis de los resultados obtenidos, proponiendo criterios de prevención y protección necesarios para reducir la incidencia de la contaminación radiactiva. Por último, se realiza un análisis de los diferentes niveles de referencia propuestos para los parámetros valorados en este documento, sugiriendo unos valores de aplicación en las instalaciones objeto de esta guía, lo que supone un gran avance para lograr la armonización en esta práctica tan importante en radioprotección.

Este documento se presentó y ya estuvo disponible en soporte papel en el II Congreso Conjunto SEFM – SEPR, celebrado en Sevilla en mayo de 2011, y actualmente también se encuentra disponible para los socios de la SEPR como documento descargable, en la página web de esta sociedad.

*Comité de Redacción*

## CONGRESO INTERNACIONAL IRPA 13

# CONVIVIENDO CON LA RADIACIÓN COMPROMETIDOS CON LA SOCIEDAD

GLASGOW, ESCOCIA. 13 - 18 DE MAYO DE 2012



En relación con el 13<sup>er</sup> Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA 13) en el num.67 de RADIOPROTECCION se indicaron las áreas temáticas, cursos de refresco y Visitas técnicas del congreso. En este número se indican otras actividades, así como la entrevista que está relacionada con el mencionado congreso con la participación de Eduardo Gallego, miembro del Comité Ejecutivo IRPA y de Manuel Rodríguez y Pedro Carboneras, representantes españoles en el Comité Científico IRPA 13.

Se indican a continuación las novedades, últimas noticias del congreso y actividades relacionadas:

### 7<sup>o</sup> Workshop de la Asociación Internacional de Protección de las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)

Workshop Internacional NIR, Edimburgo, 9 - 11 mayo 2012

La Asociación Internacional de Protección de las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) celebrará el 7<sup>o</sup> Workshop de Radiaciones No ionizantes en Edimburgo en la semana previa al IRPA 13. Edimburgo está a solo un viaje corto en tren desde Glasgow y por la proximidad de estos dos acontecimientos, en tiempo y en cercanía, es una excelente oportunidad para todos los interesados en conocer los últimos avances en investigación y protección en el área de las radiaciones no ionizantes. Más información en: <http://www.icnirp.org/>

### De Interés

**Secretaría Técnica:** Congrex UK Limited 4B, 50 Speirs Wharf. Port Dundas. Glasgow G4 9TH  
Tel: +44 (0) 141 331 0123. Email: [info@irpa13glasgow.com](mailto:info@irpa13glasgow.com)

**Sede:** Scottish Exhibition and Conference Centre (SECC).

**Inscripción:** En la página web de la SEPR ([www.sepr.es](http://www.sepr.es)) existe enlace con la página del Congreso en que se puede efectuar la inscripción.

**Comunicaciones:** Las normas detalladas para el envío de comunicaciones figuran en la página web del congreso ([www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com)).

**Alojamiento:** En la página web de la SEPR existe enlace con la página del congreso en que se puede efectuar la reserva.

Información para expositores: En la página web de la SEPR existe enlace con las condiciones para los expositores.

### Fechas importantes

- Fecha límite de comunicación de aceptación: 30 de noviembre de 2011
- Fecha límite de entrega de trabajos: 12 de marzo de 2012
- Fecha límite de inscripción del autor que presente el trabajo: 12 de marzo de 2012
- Fecha límite inscripción reducida: 16 de enero de 2012
- Fecha límite de inscripción: 7 de mayo de 2012

### Nueva Sesión- El accidente nuclear de Fukushima

- Debido a la situación de la central nuclear de Fukushima Dai-ichi en Japón, como consecuencia del terremoto y posterior *tsunami*, el Congreso IRPA13 añadirá una sesión específica sobre el accidente, sus consecuencias radiológicas, y análisis de la gestión. Será el Área 12 del Congreso. Los detalles y novedades de esta sesión se anunciarán en la página web del Congreso IRPA 13.

### Congreso-Actividades

- La asistencia al congreso proporcionará a los participantes la oportunidad de presentar y conocer las últimas novedades en protección radiológica. Están previstas una serie de visitas técnicas y una exposición técnica. El IRPA13 utilizará lo último en tecnología de la información, animando de este modo a los congresistas a participar en las actividades del congreso a través de sus teléfonos y ordenadores.

- Adicionalmente, se ofrece la oportunidad de disfrutar de Escocia, sus lagos, castillos y paisajes, a través de una serie de visitas turísticas programadas: precongreso, y visitas de media jornada y jornada completa, cuyas fechas se indican a continuación. Más información sobre itinerarios, costes e inscripciones en la página web IRPA 13.

### Visitas turísticas

Sellafield Nuclear Site or the UK Low Level Waste Repository, Drigg and the English Lake District	10-12 mayo
Inverness, Loch Ness & Highlands	12-13 mayo
Glimpse of Scotland	12-13 mayo
Glasgow City Tour	14 mayo
Charles Rennie Mackintosh Trail	15 mayo
Burns Country & Culzean Castle	15 mayo
Glengoyne Distillery & Loch Lomond	15 mayo
Loch Lomond (Including sail on the Loch)	16 mayo
Ayr and Burns Country	17 mayo
Edinburgh	16 mayo
Stirling and the Trossachs	16 mayo
Inveraray and Loch Lomond	17 mayo

### Patrocinadores y organizadores



# CALIDAD Y SEGURIDAD EN EL USO DE LA RADIACIÓN

SEVILLA 10 - 13 DE MAYO DE 2011 - Hotel Meliá Sevilla



### DATOS GENERALES:

- Asistentes al Congreso: 490
- Programa científico:
  - Conferencias "magistrales": 2
  - Conferencias invitadas: 4
  - Sesiones científicas: 18
  - Cursos de refresco: 6
  - Mesas redondas: 3
  - Sesiones operativas: 2
  - Evento relevantes adicionales: 2
  - Sesiones técnicas: 6
  - Exposición técnica: Stands de diversa tipología.
- Nº total de aportaciones recibidas:
  - Resúmenes de ponencias: 468
  - Presentaciones "orales": 92
  - Posters exhibidos: 376

Resultó especialmente relevante la elevadísima asistencia a la mayor parte de las actividades del programa científico, desbordándose en algunas ocasiones la capacidad de las salas asignadas.

### Resultados generales del Congreso en lo que se refiere a la Protección Radiológica

Desde el punto de vista de la Protección Radiológica, en el Congreso se han cubierto todas las múltiples facetas relacionadas con la protección radiológica de los trabajadores, del público y del medio ambiente, considerando la gran variedad de usos actuales de las radiaciones ionizantes en las sociedades desarrolladas, y contemplando las diversas situaciones de exposición posibles: planificadas, existentes y de emergencia.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha publicado en 2007 sus nuevas recomendaciones (publicación 103). Esta publicación y sus desarrollos posteriores, algunos aún en curso, constituyen el nuevo marco para los profesionales de la protección radiológica en los próximos 15 ó 20 años. En dicho marco se están ahora revisando las normativas y recomendaciones internacionales

pertinentes, tanto de las Naciones Unidas (OIEA), como de la Unión Europea (UE), que será el referente obligado para los desarrollos normativos nacionales que entrarán en vigor en la primera mitad de la presente década.

En el Congreso se han debatido aspectos básicos de los paradigmas y las bases científicas que sustentan el sistema actual y el próximo futuro de la protección radiológica, y también las orientaciones, tanto globales como específicas, de los retos de la profesión hacia el futuro; todo ello para poder servir me-

yor a la sociedad en su progreso y desarrollo.

Del mismo modo se han debatido también otros aspectos más concretos, científicos, tecnológicos, metodológicos y operativos, que afectan a los profesionales de este sector en el desarrollo diario de sus actividades en muy diversos campos: sanidad, investigación, industria, docencia, regulación, administración en general, medio ambiente, etc.

Y como es habitual en estos Congresos, se ha dedicado un esfuerzo significativo a las actividades formativas, para que los jóvenes profesionales de este campo puedan recibir el beneficio de la experiencia acumulada por los "menos jóvenes" en su vida profesional.

El último día se celebró una sesión específica para debatir los principios que deben guiar las actuaciones de los profesionales de la protección radiológica en los procesos de toma de decisiones en los que participen otras diversas "partes interesadas" en la misma. Estos principios han sido establecidos a nivel mundial por la "International Radiological Protection Association" (IRPA) y acaban de ser adaptados y aprobados para su aplicación en España por la SEPR.



Finalmente, se ha analizado el accidente de las centrales nucleares de Fukushima Daiichi en Japón, como consecuencia del gran terremoto y posterior gigantesco tsunami, que arrasó una extensa área del noreste de aquel país el 11 de marzo. Es claro que este accidente será una desgraciada oportunidad para seguir aprendiendo en nuestros campos de actividad profesional, para, entre otras cosas, ayudar a evitar algo similar en el futuro.

Previamente al Congreso, se aprovechó esta oportunidad para celebrar una nueva jornada referente a la "Comunicación del riesgo radiológico". Este es un tema de gran trascendencia en el trabajo diario de los profesionales de este sector, al que la SEPR sigue dedicando notables esfuerzos.

### **Resultados generales del Congreso en lo que se refiere a la Física Médica**

En lo que se refiere a la Física Médica, el Congreso ha abordado los aspectos fundamentales en cuanto a los aspectos científico-técnicos, clínicos y laborales de los tres ámbitos en los que se desarrolla esta profesión en sus aplicaciones en el campo de la Radioterapia, del Diagnóstico por imagen y de la Protección Radiológica en el ámbito hospitalario.

La actualización necesaria de los profesionales en las distintas áreas se ha logrado con los distintos cursos de refresco, que han abordado

temas de interés relativo a los sistemas de información de imágenes diagnósticas, los nuevos sistemas de verificación en Radioterapia externa tan necesarios con las técnicas actuales y el manejo de los distintos sistemas de imagen en el diseño de planes de tratamiento empleando técnicas de fusión para aprovechar la información disponible en todos ellos.

Por otra parte, el desarrollo de protocolos y procedimientos que unifiquen la acción de todos los profesionales también ha estado presente, no solo en las diversas ponencias, sino de una manera más explícita al presentar el nuevo Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, que actualiza el anterior recogiendo las nuevas técnicas y parámetros que la radiología digital incluye.

Las innovaciones tecnológicas se han discutido en las diversas sesiones desde la perspectiva de su influencia en la calidad del tratamiento y el diagnóstico de los pacientes y analizando los requerimientos que imponen en cuanto a equipamiento, personal y carga de trabajo para garantizar la seguridad de los pacientes. Aparte de las ponencias hubo también una conferencia y fue importante la colaboración de las casas comerciales al presentar sus avances y nuevas propuestas ante un adecuado foro de especialistas.

Se trataron también dos aspectos importantes como son la calidad y seguridad en la medida que, a tra-

vés de una mesa redonda, permitió analizar las posibilidades y necesidades en cuanto a la existencia de centros de referencia que permitan una trazabilidad en las magnitudes que a diario determinamos en nuestros centros de trabajo. Al mismo tiempo se analizaron las necesidades en cuanto a calibración de los equipos utilizados habitualmente.

El segundo aspecto importante que se trató en otra mesa redonda fue el de la formación y la docencia tanto a nivel pregrado como a nivel postgrado, considerando no solo la formación de especialistas en Radiofísica Hospitalaria sino también la formación en Física Médica y Protección Radiológica que deben recibir otros graduados y especialistas.

Cabe destacar, por último, la realización del primer Symposium conjunto con la AAMP (*American Association of Medical Physicists*) en el que se abordó la seguridad del paciente en el uso de la tomografía computarizada, analizando los datos de riesgo de las últimas publicaciones (NCRP 160 y Unsclear 2008), la reducción en el riesgo gracias a los avances tecnológicos y en dosimetría y los modos de informar sobre la dosis en CT. Este evento fue de interés, no solo por el tema tratado, sino también por lo que supone en cuanto a colaboración e intercambio con, probablemente, la Sociedad con mayor peso científico a nivel mundial en nuestra profesión.

## **SOCIOS DE HONOR**

En la Asamblea General de la SEPR, celebrada el 11 de mayo, se aprobó el nombramiento de Socios de Honor para: M<sup>a</sup> Jesús Manzanos, Marina Téllez de Cepeda, Francisco Fernández y David Cancio por su contribución a la Protección Radiológica nacional y su colaboración con la Sociedad.

Durante la cena de clausura del Congreso, Natividad Ferrer, presidenta de la SEFM y Marisa España, presidenta de la SEPR hicieron entrega de los premios indicados.

David Cancio



Marina Téllez



M<sup>a</sup> Jesús Manzanos



Francisco Fernández



## Resúmenes de las ponencias

*Sesión A07 y A08.1: Efectos biológicos de la radiación. Protección y seguridad del paciente* (Presidente: Marisa España. Moderador: José Miguel Fernández)

Se presentaron las siguientes comunicaciones orales:

**Explorando los límites en los efectos de dosis-volumen: radioterapia con minihaces.** Yolanda Prezado presentó una nueva técnica de radioterapia con minihaces (MBRT) que presenta características diferenciales con respecto a los métodos convencionales: la irradiación se lleva a cabo empleando tamaños de campo submilimétricos, se emplea un fraccionamiento espacial de la dosis con altísimas dosis (> 50 Gy) en una fracción empleando haces paralelos, el espectro de energía empleado tiene una energía media de 100 keV, se han empleado altísimas tasas de dosis (> 5000 Gy/s).

Los resultados de los primeros experimentos (*in vitro* e *in vivo*) muestran que estas características diferenciales permiten abrir la ventana terapéutica para gliomas: se han observado unas dosis de tolerancias extremadamente altas del cerebro de ratas a MBRT unidas a un incremento de un factor tres en la supervivencia media. Tras la presentación se discutió con los asistentes cuando se podrá aplicar a la clínica rutinaria esta investigación, indicando la ponente que aún falta todo el desarrollo preclínico y que como mínimo necesita un desarrollo de unos 10 años.

**Control y seguimiento de aparición de efectos deterministas en procedimientos intervencionistas cardiacos. Niveles de acción.** Gabriel Rodríguez presentó un análisis del porcentaje de pacientes sometidos a procedimientos de intervencionismo cardiaco que potencialmente podrían sufrir efectos deterministas en piel (sobre una muestra de 553), mediante la aplicación de un método para la estimación de la dosis máxima en piel a partir de las magnitudes disponibles y el establecimiento de unos niveles de acción para las mismas.

**Estimación del daño genotóxico en pacientes irradiados con (18F)FDG en tomografía por emisión de positrones.** Miguel Alcaraz presentó la determinación del efecto genotóxico en linfocitos de sangre periférica mediante el ensayo de micronúcleos (MN), debido a las dosis de radiación administradas al paciente sometidos a exploraciones radiológicas médicas (25 pacientes de radiodiagnóstico, 25 pacientes de terapia con Medicina Nuclear, 25 pacientes de gammagrafía ósea y 25 pacientes de PET-TAC con (18F)FDG). Aprecian un aumento significativo del número de MN en las muestras irradiadas en radiodiagnóstico y en medicina nuclear con  $^{131}$ I, mientras que para gammagrafías óseas no encuentran diferencias significativas y para PET-TAC no determinan ningún efecto genotóxico inducido directamente por la radiación ionizante.

*Sesión A02.1: Metrología y dosimetría física. Desarrollos científicos y aplicaciones prácticas.* (Presidente: Teresa Eudaldo. Moderador: Miguel Pombar)

Se presentaron cinco trabajos en esta sesión. Uno de ellos iba dirigido a la metrología de fuentes de Braquiterapia y los otros cuatro abordaban distintos aspectos relacionados con la verificación y el control de calidad de técnicas de modulación de intensidad, abordando, por tanto los aspectos más novedosos y prácticos de la dosimetría física. La sesión comenzó con retraso acumulado en las sesiones previas.

**Verificación de la estabilidad del conjunto cámara pozo-electrómetro por comparación con medidas con cámara cilíndrica** abordaba el problema de la no existencia de un laboratorio nacional acreditado para garantizar la trazabilidad de estos equipos. El trabajo proponía un método alternativo y sencillo para garantizar la trazabilidad de los mismos.

**Verificación de distribuciones de dosis de campos de intensidad modulada con un dispositivo de imagen portal** presentaba el uso del EPID (habitualmente utilizado para la verificación del correcto posicionamiento de los pacientes) como sistema detector para la verificación de tratamientos de IMRT. Desarrolla un modelo de procesamiento rápido que permite transformar la imagen obtenida en una distribución de dosis que se puede comparar con la suministrada por el sistema de planificación con un buen acuerdo.

**Determinación de tolerancias en el posicionamiento de la mesa de tratamiento a partir de un sistema de imagen guiada** abordaba el estudio de un gran número de casos para establecer unas tolerancias en el posicionamiento de la mesa en función de la patología y el sistema de inmovilización empleado en tratamientos de IGRT.

**Validación del conjunto Octavius 2D Array mediante películas radiocrómicas** presentó la validación de un sistema detector bidimensional frente a un sistema reconocido (películas radiocrómicas) para su uso en verificación de tratamientos de IMRT. El empleo de este sistema en la mayoría de tratamientos supone una simplificación de las verificaciones, dejando otros sistemas reservados a tratamientos más complejos.

**Control de calidad de la técnica de arcoterapia de intensidad modulada (VMAT) con dosimetría portal electrónica** propone, en base a la literatura, procedimientos para el control de calidad en esta técnica que aún está en desarrollo.

*Sesión A07 y A08.2: Efectos biológicos de la radiación. Protección y seguridad del paciente.* (Presidente: Eliseo Vañó. Moderador: Carmen Álvarez)

Se presentaron las siguientes comunicaciones orales:

**Niveles de dosis de referencia en la radiología dental española.** E. Velasco, UTPR Asigma, Murcia



Los niveles de dosis de referencia diagnóstica (DRL) entendidas como dosis de radiación administradas al paciente en exposiciones médicas, en instalaciones dentales españolas, son inferiores a la establecida por la Unión Europea en 2004. La evolución de la DRL en las instalaciones dentales españolas muestra una reducción progresiva en radiología dental intraoral, que pone de manifiesto un continuo proceso de optimización de las técnicas y materiales utilizados en las exploraciones, lo que puede suponer una reducción de la dosis de radiación administrada al paciente en radiología dental intraoral.

**Relación dosis efectiva – Masa Corporal en cateterismo intervencionista pediátrico.** Rebeca Hernández, Hospital Carlos Haya de Málaga

Los países miembros de la UE están obligados a establecer Niveles de Referencia Diagnóstica en los exámenes radiológicos. El producto dosis (PDA) es el parámetro dosimétrico recomendado para establecer los Niveles de Referencia Diagnóstica en procedimientos intervencionistas en pediatría. Publicaciones recientes han demostrado la existencia de una relación lineal entre el PDA, el tiempo de escopia y la masa corporal. Al verificar en este trabajo que el PDA se relaciona linealmente con la masa, hace pensar en la existencia de una relación entre los factores de conversión Dosis Efectiva/PDA y la masa corporal. En el trabajo se ha determinado una relación mediante una función polinómica de segundo grado, con lo que se podrán establecer los niveles de Referencia Diagnóstica para estas exploraciones

**Experiencia de reducción de dosis en equipos intervencionistas de RX ALLURA de PHILIPS.** María Pinto, Hospital Puerta de Hierro de Madrid

La dosis de radiación en procedimientos intervencionistas, son una de las mayores impartidas a los pacientes en el ámbito del radiodiagnóstico. Los fabricantes de equipos de RX juegan un papel esencial en el diseño de sus equipos para reducción de las dosis. Se ha comprobado que sencillas maniobras sobre los equipos y la intervención del radiofísico en los procesos de puesta en marcha de dichos equipos, pueden permitir reducciones de dosis de hasta el 50%. Respecto a este trabajo, se efectuó una pregunta relativa a "si había satisfacción de los profesionales médicos por las intervenciones de los radiofísicos y las casas comerciales sobre algún parámetro de los equipos con objeto de rebajar las dosis". La respuesta fue que había buena coordinación entre todas las partes implicadas y que los médicos utilizaban los nuevos protocolos relativos a las intervenciones realizadas

**Estudio de dosis en pacientes pediátricos sometidos a intervenciones cardiacas en un sistema digital.** Jorge Ordóñez, Hospital La Paz de Madrid

El estudio se ha realizado con un equipo biplano de RX utilizado en un servicio de cardiología pediátrica, consistente en un sistema digital equipado con dos detecto-

res de silicio amorfo, así mismo el equipo disponía de una cámara de ionización integrada en la carcasa del colimador para medir el producto Kerma Aire. En el trabajo se ha demostrado que el valor del Kerma Aire en la Superficie de entrada máximo (KASE max) es de gran utilidad para comparar con la dosis umbral para efectos deterministas en la piel del paciente (2 GY)

**Análisis de riesgos en tratamientos de Radioterapia mediante matrices de riesgo.** José Miguel Delgado, Grupo IMO, Madrid

Los tratamientos de Radiocirugía al exigir una exactitud y precisión dosimétrica, los hace vulnerables a fallos en la administración de la dosis al paciente. Por otro lado, al tratarse de tratamientos con dosis única, el riesgo es muy elevado debido a posibles fallos.

La metodología utilizada en este trabajo ha sido la aplicación de matrices de riesgo a los equipos, procesos y procedimientos de trabajo, estudiando tanto errores de los equipos, del material como errores humanos.

El análisis mediante Matrices de Riesgo en Radiocirugía, permite prever el nivel de riesgo existente en estos procedimientos y habilitar las barreras correspondientes a la modificación de conductas dependiendo de las características del equipamiento utilizado.

**Sesión A02.2: Metrología y Dosimetría Física. Desarrollos científicos y aplicaciones prácticas.** (Presidente: Antonio Brosed. Moderadora: Mercè Ginjume)

Se han presentado cinco ponencias según lo previsto en el programa. Dichas presentaciones proponen nuevos desarrollos y nuevos laboratorios para cubrir algunas lagunas y áreas de mejora en el ámbito de la metrología y la dosimetría física. A continuación se detallan las principales aportaciones de cada una de las ponencias.

J. M. Gómez Ros, del Ciemat (Madrid) presenta las medidas preliminares obtenidas con un nuevo desarrollo que permite efectuar medidas espectrométricas de radiación neutrónica, mediante un procedimiento rápido y simple respecto a la metodología de referencia basada en un sistema de esferas Bonner.

F. Gómez, de la Univ. de Santiago de Compostela presenta una nueva instalación para ser utilizada como laboratorio secundario de calibración en niveles de terapia en la energía del  $^{60}\text{Co}$ . El laboratorio dispone ya de equipos patrón calibrados y está llevando a cabo la puesta a punto del laboratorio para su acreditación. En la fase de preguntas, se puso de manifiesto el interés de dicho laboratorio para dar respuesta a una necesidad del país en este ámbito, pero también se señaló que quedaban pendiente diversos trabajos para conseguir la acreditación.

I. Sierra, del Ciemat describe la metodología desarrollada para validar una de las técnicas de medida más ampliamente utilizadas en el laboratorio de Bioeliminación del

Servicio de Dosimetría de Radiaciones para la medida de espectrometría alfa en excretas. Se presentan detalles sobre el proceso y la incertidumbre asociada. Se evidencia que la metodología está validada y que se cumplen los requisitos técnicos para obtener la acreditación ENAC de este procedimiento.

I. Amor, del CSN presenta los resultados de una inter-comparación entre sistemas de dosimetría personal de extremidades (anillo y muñeca). Se ha comprobado que, en general, los participantes miden de manera adecuada para radiación gamma. Sin embargo, algunos sistemas presentan dificultades para medir radiación beta de baja energía como la emitida por el  $^{204}\text{Tl}$ . En base a los resultados del estudio se ha elaborado una metodología para la calibración y caracterización de los sistemas dosimétricos de extremidades.

M.A. Gago, de la Univ. de Santiago de Compostela describe los trabajos iniciales para la puesta en marcha de un servicio de dosimetría con alanina, ligado a la instalación de  $^{60}\text{Co}$  del Laboratorio de Radiofísica y al Servicio de Resonancia Paramagnética de su Universidad. Se han presentado los primeros resultados e incertidumbre asociada, para niveles de dosis absorbida de 50 Gy y se está trabajando para mejorar el sistema para dosis absorbidas menores.

**Sesión A03.1: Tratamiento de imágenes y sistemas de información en aplicaciones médicas.** (Presidente: Natividad Ferrer. Moderador: Rafael Puchal)

El número de trabajos seleccionados para su presentación oral en esta sesión fue de cinco, tres de ellos estaban relacionados con imágenes en CT, uno en Resonancia y otro en Medicina Nuclear.

**Elaboración y análisis de un protocolo de control de calidad en un TC de Radioterapia.** En él se propone un protocolo de control de calidad a aplicar en estos equipos junto con los maniqués a utilizar y se hace un análisis de los resultados obtenidos en su aplicación. A destacar que, aparte de las características propias del TC, se hace especial mención de parámetros como los geométricos, verificación de láseres y calibración del número CT, que en un tac de uso habitual no son tan importantes como en uno utilizado en simulación virtual.

**Estudio de la distribución de máximos y mínimos en múltiples imágenes secuenciales de uniformidad.** Plantea el análisis de esta prueba, de periodicidad semanal, para obtener mayor información. La distribución de valores de no uniformidad deben ser aleatorios entre distintas pruebas para asegurar que la detección es igual en todo el cristal, por lo que propone el análisis de varias imágenes secuenciales para obtener esa información adicional que en el procedimiento tradicional no se tiene.

**Evaluación automática de la detectabilidad de bajo contraste en equipos de tomografía computerizada.**

Aborda el problema de la dosis y la calidad de imagen, proponiendo un método estadístico objetivo para determinar la influencia de los distintos parámetros del estudio en este parámetro. El uso de estos métodos permitiría la comparación de diferentes sistemas y estudiar modos y métodos para la reducción de dosis.

**Comparación de dosis y calidad de imagen en Cardio-TC prospectivo y retrospectivo. Estudio con maniqués.** Realiza una comparación de ambos métodos utilizando maniqués en cuando a la dosis y a la calidad de imagen. Se observa que las adquisiciones secuenciales suministran menor dosis que las espirales. Este trabajo es un primer paso dentro de un proyecto que se completa con estudios de dosis y calidad de imagen con pacientes.

**Desarrollo de un frame de inmovilización termoplastia de cabeza y cuello en antenas de resonancia magnética para fusión de imágenes radioterápicas CT-MRI.** Ofrece una solución al problema de la fiabilidad y la precisión en la fusión de imágenes de CT y MRI para planificación de tratamientos en Radioterapia. El desarrollo propuesto permitiría utilizar un sistema de inmovilización similar en ambos sistemas de imagen, asegurando la correcta fusión (fiable y de calidad) de ambas imágenes para la definición de volúmenes blanco y órganos de interés. El sistema ha sido patentado.

**Sesión A11 y A14.1: Protección ocupacional del público y del medio ambiente en instalaciones reglamentadas. Funcionamiento normal e incidencias. Aplicaciones industriales de la radiación y de las fuentes y los materiales radiactivos. Transporte.** (Presidente: Manuel Rodríguez. Moderador: Francisco García Acosta)

El desarrollo de la Sesión fue el siguiente:

**Dosimetría de área en arcos quirúrgicos.** El ponente manifestó los métodos que llevan a cabo para realizar la dosimetría de área y cual es la clasificación que tienen establecida para los Trabajadores Expuestos.

**Programa especial de vigilancia radiológica de "El Cabril".** La ponente indicó la metodología utilizada en el programa de vigilancia realizado en las áreas exteriores y los principales resultados obtenidos, destacándose que no se encontraron áreas impactadas de clase 1 y 2 y que todas las áreas exteriores se clasificaron como no impactadas, excepto una que fue reclasificada como clase 3.

**Validación y cálculo de incertidumbres del método de determinación de creatinina en orina.** La ponente manifestó el proceso llevado a cabo para analizar y evaluar las incertidumbres del método, indicando como conclusión que este método ha sido validado y cumple los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2005.

**Evolución de las dosis colectivas en las centrales nucleares españolas.** La ponente reflejó la evolución favorable de las dosis en las centrales españolas en los últimos años, indicando que las dosis de nuestras centrales se

encuentran por debajo de la media de las centrales que reportan datos en ISOE.

**Programa de intercomparación Eurados para dosímetros personales.** La ponente expuso el número de Servicios de Dosimetría Personal participantes, el número y tipo de dosímetros irradiados y la comprobación de la linealidad, reproducibilidad y dependencia energética y angular de los sistemas dosimétricos participantes.

*Sesión A03.2: Tratamiento de imágenes y sistemas de información en aplicaciones médicas.* (Presidente: Rafael Ruiz Cruces. Moderador: Manuel Fernández Bordes)

Los cinco trabajos presentados fueron los siguientes:

**Ajuste del control automático de exposición de un sistema de radiografía computarizada: relación entre el Kerma en el receptor de imagen, la dosis estimada a través del indicador de exposición del sistema y la relación señal ruido.** En este trabajo se estudiaron los criterios planteados en el report 116 de la AAPM para DR y su aplicación al caso de los CR. Al mismo tiempo se procedió a verificar que los procedimientos propuestos en el Protocolo español de control de calidad en Radiodiagnóstico para verificar la medida del CAE eran correctos. Los distintos procedimientos se aplicaron en un sistema, siendo los resultados correctos.

**Procedimiento para la medida estandarizada de la eficiencia cuántica de detección en un mamógrafo digital.** La eficiencia cuántica de detección (DQE) es un parámetro que combina información sobre ruido, resolución espacial y contraste de un equipo. En el trabajo se presentó una guía para su determinación siguiendo los criterios IEC y se analizaron los problemas prácticos en su implementación. Se destacó el hecho de que este parámetro es especialmente dependiente de las condiciones de medida, por lo que hay que ser especialmente cuidadoso con las mismas. Se analizaron también las herramientas de libre acceso que hay para determinar su valor.

**Comparación entre distintos algoritmos de reconstrucción tomográfica en imágenes de Medicina Nuclear.** En este trabajo se analizaron y compararon distintos algoritmos de reconstrucción que emplean métodos iterativos y que son utilizados en la reconstrucción a partir de imágenes planares. La comparación se hizo desde la perspectiva de la calidad de imagen obtenida y el tiempo empleado en la misma. De los tres algoritmos analizados uno se descarta ya que aporta peor calidad de imagen empleando mayor tiempo, mientras que los otros dos uno obtiene calidad de imagen mientras que otro obtiene mejor tiempo de reconstrucción.

**Utilización de complementos de ImageJ para la obtención de MTF, NNPS y DQE en CR y DR.** La ponencia realiza una comparación entre distintas herramientas para la determinación de todos estos parámetros en radiología digital.

**Aplicación de técnicas de super-resolución (SR) de imagen a mapas de fluencias de dosis en la verificación de tratamientos de IMRT.** El último trabajo presentado en esta sesión presentó la aplicación de técnicas de análisis de imagen para mejorar la resolución del detector empleado en la verificación de tratamientos de intensidad modulada.

*Sesión A11 y A14.2: Protección ocupacional del público y del medio ambiente en instalaciones reglamentadas. Funcionamiento normal e incidencias. Aplicaciones industriales de la radiación y de las fuentes y los materiales radiactivos. Transporte.* (Presidente: Pío Carmena. Moderadora: Carmen Rueda)

**Recomendaciones para la mejora de la Protección Radiológica del Personal Sanitario derivadas del Proyecto Europeo ORAMED.** Merçè Ginjaume del Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña. En esta ponencia se expusieron las conclusiones del trabajo realizado dentro del proyecto del 7º Programa marco de la CE, Oramed, orientado a proponer mejoras en protección radiológica para personal sanitario que trabaja en radiología y cardiología intervencionista o en la preparación y administración de radiofármacos en Medicina Nuclear. Entre las recomendaciones derivadas de este trabajo están las de uso de dosímetros de extremidades y de cristalino, además de dosímetros de lectura directa, en radiología y cardiología intervencionista y la del uso en Medicina Nuclear de dosímetros de extremidades del tipo anillo colocados en la base del dedo índice de la mano no dominante así como la invitación a consultar en detalle las guías de protección radiológica y el material docente disponible en la página web del proyecto.

**Dosimetría personal y ambiental de neutrones en una instalación de almacenamiento de sondas de densidad y humedad de suelos.** Carlos Domingo del Grupo de Física de las Radiaciones del Departamento de Física de la Universidad Autónoma de Barcelona. En este trabajo se determinó, mediante dosímetros personales neutrónicos desarrollados dentro del grupo de trabajo de los autores, la componente de dosis neutrónica debida a las fuentes de Am-241/Be utilizadas para la medida de la humedad del suelo, comparándola a continuación con la componente de dosis gamma debida a las fuentes de Cs-137 utilizadas para medida de la densidad del suelo, ambas contenidas en los equipos utilizados para este fin. Como conclusión del trabajo se recomienda determinar y contabilizar en el historial dosimétrico de los trabajadores, no solo la dosis gamma como se viene haciendo habitualmente sino ambas componentes ya que, la dosis neutrónica, aún siendo inferior normalmente a la dosis gamma, no se puede considerar despreciable.

**Guía de ayuda para la aplicación de requisitos reglamentarios sobre el transporte de material radiactivo.**

Salvador Martín del Área de Transporte y Fabricación de Combustible Nuclear del CSN. En esta ponencia se describió una guía que el CSN tiene en elaboración y que estará disponible próximamente, que facilitará a los usuarios el acceso claro a los requisitos de la legislación aplicable al transporte de materiales radiactivos (Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera, ADR). La elaboración de esta guía se inició dadas las dificultades expresadas por los usuarios en las consultas realizadas en el ADR debido a que se incluyen en él los requisitos aplicables a todo tipo de mercancías peligrosas y además es actualizado cada dos años. La guía cubre tanto los criterios para la clasificación del tipo de remesas que se desea transportar como los requisitos aplicables a cada remesa según su clasificación y será de gran utilidad para todos los participantes en la actividad del transporte.

**Dosis en el transporte de radiofármacos, cambio de perspectiva para su reducción.** Victoria Aceña, también del Área de Transporte y Fabricación de Combustible Nuclear del CSN. Se presentó el análisis realizado en un periodo de ocho años, de las dosis recibidas por los trabajadores del sector de transporte de radiofármacos, en el que se dan las dosis individuales más altas de todos los trabajadores expuestos, aunque nunca superiores a los límites de dosis, y en el que, dentro de la actividad del transporte, se reciben las mayores dosis. En el trabajo se analizaron las distintas tareas realizadas y se identificaron las de carga, descarga y transporte de las grandes remesas, sobre todo de generadores de Mo-99/Tc-99m como las que contribuyen en mayor grado a la recepción de dosis y se describieron las medidas adoptadas a lo largo de estos años y las que se precisarían de ahora en adelante, a fin de reducirlas en lo posible, medidas que afectarían a los distintos participantes involucrados (expedidores, fabricantes, transportistas, receptores)

Los ponentes del trabajo denominado **“Arquitecturas Nacionales de detección en fronteras”**, Santiago Astudillo y Antonio Ortiz, del Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, comunicaron a la organización su imposibilidad de asistir al Congreso por lo que se retiró esta ponencia de la sesión.

Tras la finalización de las exposiciones se dio paso al coloquio. A destacar los comentarios sobre la necesidad de una aproximación pluridisciplinar de cara a la disminución de dosis, en concreto a las del transporte una vez identificadas las posibles medidas a tomar y el anuncio por parte de la SEPR de la creación de un grupo de Transporte de Material Radiactivo, dentro del Comité de Actividades Científicas de la Sociedad en el que se podría dar continuidad a los temas planteados.

**Mesa Redonda: Implicaciones de la normativa reciente en el uso de las radiaciones.** (Moderadora: Lucila Ramos. Participantes: Eliseo Vañó, Ramón de la Vega, M<sup>ª</sup> Teresa Sanz, Ignacio Amor)

**Modificación del Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.** (M<sup>ª</sup> Teresa Sanz. CSN)

Se realizó en primer lugar una presentación de la experiencia en la aplicación del título VII del Reglamento, describiendo las carencias y problemas detectados y las consecuencias de estos. Como problema principal se identificó que los titulares de las actividades laborales en las que existen fuentes naturales de radiación no están realizando los estudios de impacto radiológico requeridos.

Se hizo un breve resumen del plan de actuación del CSN aprobado para suplir las carencias del título VII en el Reglamento de 2001, incluyendo los criterios radiológicos aprobados por el Pleno del Consejo en octubre de 2007.

Finalmente se describieron los cambios introducidos en la modificación del título VII, siendo la fundamental la asignación de la responsabilidad de realizar los estudios al titular de la actividad laboral, así como la normativa del CSN para el desarrollo del título VII (instrucción y guía) y su estado de elaboración.

**Previsión de nueva normativa en materia de emergencias y protección física** (Ramón de la Vega. CSN)

Durante la exposición se comentaron brevemente las previsiones para los próximos años de emisión de nueva normativa en materia de emergencias nucleares, haciendo referencia a:

- la revisión del Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLA-BEN), para su adaptación a las nuevas BSS del OIEA, además de otras posibles mejoras adicionales derivadas del accidente de Fukushima.
- normativa relacionada con emergencias radiológicas, concretamente el desarrollo de la Directriz Básica de Riesgos Radiológicos, la revisión de la Instrucción de Seguridad IS-18 y Guía de Seguridad GS7.10 (para tener en cuenta los nuevos Planes de Emergencia Radiológica)
- normativa relativa a Seguridad Física de fuentes radiactivas, con el nuevo R.D. de Seguridad Física de Instalaciones y Materiales Nucleares y Fuentes Radiactivas, que además incluirá en su desarrollo una IS sobre seguridad física de fuentes radiactivas.

**Revisión de las Normas Básicas de radioprotección de la Unión Europea. Aspectos generales** (Ignacio Amor. CSN)

Se puso de manifiesto la incidencia de la publicación de ICRP-103 en la Directiva 96/29/Euratom y en la SS 115, basadas en ICRP-60, y la necesidad de una revisión de ambas.

Se presentaron otros objetivos adicionales de esta revisión, tales como:

- Consolidación de la legislación europea en materia de PR, agrupando en una única Directiva las 5 actuales, para una mayor coherencia y efectividad
- Adopción del mismo sistema de aproximación gradual al control regulador que introdujo el OIEA en sus normas básicas en 1994.
- Establecimiento de un marco regulador menos flexible en la exposición a fuentes naturales de radiación, exención desclasificación y cooperación en emergencias.

Tras considerar el procedimiento y calendario previstos para la revisión, se presentó la estructura prevista de la directiva refundida, realizándose un análisis comparativo de esta y las nuevas BSS del OIEA.

Para concluir se enumeraron algunos aspectos destacables, tales como los relativos a los límites de dosis, requisitos de formación y entrenamiento del personal, exposición a la radiación natural, sistema previsto para reconocimiento mutuo de las aprobaciones de tipo expedidas en el EE MM, contenido detallado del pasaporte radiológico y valores para la aplicación de los conceptos exención-desclasificación.

#### **Futura Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad (Comisión Europea). Impacto en el área médica (Eliseo Vañó. UCM)**

Se destacó que la nueva Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad debería simplificar y mejorar entre otros, los contenidos de las Directivas 97/43/Euratom (sobre PR de los pacientes) y 96/29/Euratom (sobre PR del público y trabajadores).

Si citaron algunos ejemplos de los cambios que se incluyen en la nueva Directiva referentes a la definición de radiología intervencionista, las exposiciones médico legales, la aplicación de los niveles de referencia para diagnóstico (NRD) en intervencionismo, la formación en protección radiológica en el ámbito médico, la relación entre las dosis ocupacionales y dosis a pacientes, el registro de las dosis a los pacientes, la incorporación de los riesgos de incidentes y accidentes en los programas de calidad y las estimaciones de las dosis a la población derivadas de las exposiciones médicas. Se resumieron en 12 puntos los principales cambios:

- 1) Las exposiciones médico-legales ya no se consideran exposiciones médicas.
- 2) Los NRD se deben aplicar también en radiología intervencionista.
- 3) Obligación de incluir un curso de PR en las Facultades de Medicina y Odontología.
- 4) Se regulan procedimientos radiológicos en personas asintomáticas.
- 5) Dosis ocupacionales consideradas en justificación y optimización de las exposiciones médicas.
- 6) Se obliga a revisar periódicamente los NRD.

7) Refuerzo de la figura de experto en Física Médica en el área de imagen.

8) Requisito de que los equipos de radiodiagnóstico aporten información sobre las dosis y la transferencia de estas a la historia de los pacientes.

9) Obligación de que todos los equipos de TC y de radiología intervencionista aporten información dosimétrica desde la entrada en vigor de la Directiva.

10) Realizar un registro y análisis de las exposiciones, accidentales o no deseadas.

11) Evaluación de riesgos accidentales obligatoria en radioterapia.

12) Evaluación de dosis a la población a realizar por grupos de edad y sexo.

#### **Sesión A05.1: Dosimetría Clínica en la terapia con radiaciones: Radioterapia externa, Braquiterapia y terapia metabólica.** (Presidente: Bartolomé Ballester. Moderador: Rafael Arráns)

Los temas presentados fueron los siguientes:

**Un nuevo método para la verificación de tratamientos de IMRT sobre la geometría del paciente utilizando los archivos Dyna.** En este trabajo se planteó la posibilidad de utilizar los ficheros que se generan en el acelerador y transformarlos para su lectura en el planificador como medio de comprobación de este tipo de tratamientos. El método era novedoso pero se generó discusión en cuanto a qué era lo que realmente se estaba verificando.

**Verificación de tratamientos de IMRT ¿cuántas medidas son necesarias?** En él se presentan los resultados de la implantación de un procedimiento de verificación de IMRT basándose en el Booklet no 9 de la ESTRO que establece unas guías para este procedimiento. En base a las medidas realizadas se planteó el tema de discusión de hasta dónde hay que llevar este tipo de verificaciones en cuanto a número y si es necesario para todos los pacientes. Se concluyó que, cuando se tenga suficiente experiencia el número de verificaciones se puede ir reduciendo y, en cualquier caso, individualizar en función del tipo de tratamiento, aunque aún no existe un consenso claro en este sentido.

**Caracterización de un sistema de verificación de dosis dedicado a tratamientos de Radioterapia basado en un detector de silicio multitiras.** En él se plantea un estudio preliminar de las características de un detector utilizado en Física Nuclear para su aplicación en la obtención de mapas axiales de dosis en tratamientos de IMRT, lo que permitiría su uso, con lectura en tiempo real, en la clínica diaria. Se verificó su respuesta en cuanto a linealidad, respuesta angular y se compararon las medidas experimentales con cálculo del planificador y simulación Monte Carlo con buen acuerdo.

**Impacto del tamaño de la ventana de gating en tratamientos estereotáxicos extracraneales con sincronización**

**respiratoria** analizaba la influencia de un parámetro fundamental en este tipo de nuevos tratamientos, fundamentalmente en localizaciones torácicas y abdominales, que utilizan la sincronización con la respiración para irradiar al tumor siempre en la misma posición. La elección de este parámetro supone un compromiso entre la precisión y el tiempo total de tratamiento. La ventana práctica de tratamiento encontrada que no supone influencia significativa en la dosis y no compromete un tiempo excesivo de tratamiento se encontró entre el 25 y el 35 %.

**Evaluación del límite inferior de precisión en un sistema de simulación virtual** pretende establecer un límite inferior de precisión en la determinación de los volúmenes blancos de Radioterapia para el sistema estudiado. Se analiza esta posibilidad utilizando simulación Monte Carlo que recogieran variaciones de volúmenes, posición, forma y combinadas, obteniéndose buenos resultados.

*Sesión A13 y A15: Desmantelamiento y clausura de instalaciones. Gestión de residuos radiactivos. Preparación y actuación en accidentes y emergencias radiológicas.* (Presidente: Lucila Ramos. Moderador: Pedro Carboneras)

**Optimización de la gestión de materiales residuales con contenido radiactivo generados en centros de investigación y docencia** (A. Sánchez del CSIC).

Se presentaron los resultados de un proyecto de I+D financiado por Enresa sobre el tema, cuyos resultados han sido muy completos y servirán para el desarrollo de una "guía" específica por parte de la SEPR, que actualizará y completará guías anteriores en la materia, que han tenido amplia demanda y difusión nacional e internacional.

**Aplicación de la Guía de Seguridad del CSN sobre el contenido y criterios para la elaboración de los planes de gestión de residuos en las instalaciones nucleares** (I. Simón del CSN).

Se presentó el contenido de esta Guía, ya publicada por el CSN, y cuyo carácter es orientativo y no prescriptivo. En su elaboración participaron los titulares de las instalaciones y será la base de los "Planes de Gestión de Residuos", que deben presentar, preceptivamente, a aprobación de las Autoridades.

**Nueva Directriz Básica de Planificación ante el riesgo radiológico. Contenido, criterios radiológicos e implantación** (M. Calvín del CSN).

Se comentó con detalle el contenido de esta normativa, de reciente aparición, cuya preparación ha tomado bastantes años y que tiene repercusiones significativas para instalaciones y actividades con riesgo radiológico, diferentes a las centrales nucleares, que tendrán que hacer estudios y revisar sus planes internos. Para su desarrollo deben prepararse "planes específicos" por parte de todas las comunidades autónomas, con la participación de los Municipios. También debe desarrollarse un "Plan

Estatal". Todo ello requerirá tiempo y un esfuerzo nada desdeñable, para lo que el CSN ha preparado un "Plan de Acción" específico.

**El sistema Jrosdo: Una herramienta moderna y eficaz para la gestión y preparación de emergencias nucleares y radiológicas y la rehabilitación, Implementación en España** (M. Montero, del CIEMAT).

Se describió este sistema de ayuda a la toma de decisiones en caso de emergencia, que ha sido desarrollado en el marco de los "Programas Marco" de la CE y ha contado con el apoyo del CSN. Supone una actualización y mejora de todo tipo del anterior sistema (Rodas) desarrollado hace unos años en el mismo contexto. Su mayor y mejor operatividad, permitirá su uso más útil para la planificación y gestión de situaciones de emergencia radiológica.

**Participación de Enresa en el protocolo de vigilancia radiológica en materiales metálicos** (M<sup>o</sup> Teresa Ortiz, de Enresa).

Se describió la experiencia acumulada en las actuaciones de Enresa en base a este "Protocolo", que se estableció en 1998 por parte de todos los agentes implicados, a raíz del incidente de fusión de una fuente radiactiva en una acería española.

Este protocolo y en general las actuaciones en España están siendo una referencia para otros países y también para organizaciones internacionales de diversa índole, que están desarrollando aproximaciones equivalentes.

**Experiencia en la desclasificación de los residuos radiactivos procedentes de centrales nucleares, como alternativa de vía de gestión** (PM.A. Rodríguez, de Socoin).

Se describió el proceso en curso para obtener las autorizaciones correspondientes de desclasificación de materiales residuales procedentes de centrales nucleares españolas con contenidos radiactivos mínimos, como mecanismo para "optimizar" su gestión ulterior. Este proceso forma parte de un plan general de reducción de volumen de los residuos radiactivos generados que cuenta con la colaboración de Enresa y ha obtenido ya excelentes resultados (reducción a la tercera parte en 10 años).

Estos procesos son complejos, técnica y administrativamente, y requieren siempre una autorización final del CSN. También son procesos consumidores de elevados recursos y se apuntaron diversas ideas para su "mejora hacia el futuro".

*Sesión A05.2: Dosimetría Clínica en la terapia con radiaciones: Radioterapia externa, Braquiterapia y Terapia metabólica.* (Presidente: Leopoldo Arranz. Moderadora: Montserrat Baeza)

Las cinco ponencias fueron las siguientes:

**Radiocirugía Estereotáxica No Invasiva para Malformaciones Arteriovenosas** (Rodríguez Romero R., Castro Tejero P., Sánchez Rubio P., Núñez Marín L., Medrano J.C.

Presenta: Rodríguez Romero R.)

**Determinación del movimiento prostático con el uso de marcadores fiduciaros y estructuras óseas mediante haz cónico tomográfico computarizado.** (Juan Senabre XJ., Conde Moreno AJ., Santos Serra A., López Tarjuelo J., Sanchez Iglesias AL., Quirós Higuera JD., De Marco Blancas N., Calzada Feliu S., Ferrer Albiach C. Presenta: Quirós Higuera JD)

**Establecimiento de niveles de acción para el control de calidad de IMRT con panel plano: experiencia con el algoritmo iGriMLo.** (González V., de los Dolores V., Pastor V., Martínez J., Gimeno J., Guardino C., Crispín V. Presenta: González V.)

**Estudio y caracterización de matrices de detectores para verificación dosimétrica de radioterapia, análisis de las soluciones comerciales.** (Gago Arias A., Brualla González L., Gómez Rodríguez F., González Castaño D. M., Pardo Montero J., Luna Vega VI, Mosquera Sueiro J., Sánchez García M. Presenta: Gago Arias A.)

**Análisis de las correcciones interfacción en el posicionamiento de los paciente mediante IGRT** (Rodríguez Rodríguez C., Caballero Perea B., López Fernández A., Sáez Beltrán M., Presenta: Rodríguez Rodríguez C.)

A continuación se abrió el turno de preguntas que propició que tres profesionales de distintos centros comentasen su propia experiencia respecto a la verificación de tratamientos de IMRT e IGRT. Se despertó un especial interés por este tema y había más personas con intención de participar pero no se pudo por limitaciones de tiempo.

**Sesión A016 y A17: Regulación y normativa en el uso de las radiaciones. Aspectos sociales y éticos de la Protección Radiológica.**(Presidente: Miguel Calvín. Moderador: Eduardo Gallego)

En esta sesión se trataron aspectos relacionados con la regulación de instalaciones, nuevas recomendaciones sobre los trabajadores expuestos y otros relacionados con herramientas de gestión de calidad y determinación de medios necesarios en Servicios de Radiofísica.

**La comunicación como herramienta para modificar la percepción negativa del riesgo radiológico** presentaba las conclusiones y propuestas del proyecto realizado por el grupo que lo presentaba, en el que se analizaba la percepción del riesgo radiológico por parte del público, los reguladores y los especialistas. En base a estos resultados se presentan unas recomendaciones que permitan una percepción más real del riesgo que supone el uso de las radiaciones ionizantes y que el público tenga una mayor sensación de seguridad frente a ella.

**Sistema de gestión de la calidad en un Servicio de Radiofísica y P.R. según ISO 9001** aborda la implantación y adaptación de un Servicio de Radiofísica para seguir los procedimientos establecidos de gestión de la calidad según la norma ISO 9001. Tras esta experiencia se concluye que, si bien su proceso de implantación requiere un

gran de trabajo de homogeneización, protocolización y documentación, su uso permite disponer de herramientas que permitan analizar el funcionamiento del mismo y el establecimiento de sistemas de corrección de desviaciones en su funcionamiento. Por otra parte su implantación permite ofrecer con mayor claridad la cartera de servicios al resto de unidades del Hospital.

**Instrucción IS-28 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre las especificaciones de funcionamiento de instalaciones radiactivas,** introdujo la nueva Instrucción del Consejo que desarrolla los requisitos establecidos para estas Instalaciones en el Reglamento de Instalaciones Radiactivas. Dicha Instrucción se publicó en el BOE del 11 de octubre de 2010 y es aplicable a las instalaciones de 2ª y 3ª categoría con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales.

**Revisión de las nuevas recomendaciones técnicas de la Comisión Europea para la vigilancia individual de los trabajadores expuestos a radiación externa (Ed. 2009)** presentó los resultados del grupo de trabajo 2 de Eurados (WG2) para la "Armonización de la Dosimetría Personal en Europa", que culminó con la publicación del documento RP-160. En este documento se recogen recomendaciones importantes en todos los aspectos de funcionamiento de los servicios de dosimetría personal como base para la armonización y el reconocimiento entre estos servicios a nivel europeo.

**Revisión de los medios humanos necesarios para el desarrollo de la actividad de un Servicio de Radiofísica Hospitalaria** presentó una herramienta para la estimación del personal necesario en función de la cartera de servicios y de la carga de trabajo de la unidad correspondiente. Esta herramienta se ofreció a las Sociedades para su posible uso en un análisis general de estas necesidades en el país.

**Mesa Redonda: Calidad y seguridad en la medida. Fiabilidad** (Moderador: Antonio Brosed. Participantes: José Mª Los Arcos, Mercé Ginjaume, Carlos Sendín)

Las conclusiones de la mesa redonda fueron las siguientes:

**A) De carácter general:** Instar a los colectivos de las Sociedades relacionadas con las radiaciones ionizantes, SNE, SEFM, SEPR, SEMN, Serfa y a los organismos relacionados, CSN, Ciemat, Enusa, Enresa, etc.

1º) A introducir en sus miembros la cultura de la Calidad y de la Seguridad. Cualquier organización debe disponer de ambas, como sistemas integrados en sus procesos productivos, ya sean estos la medida, la calibración o la atención sanitaria del paciente. Con ellas, la probabilidad de que un organismo, institución, servicio o laboratorio funcione bien y adecuadamente (Fiabilidad) es muy alta.

2º) A implantar, si no se ha hecho ya, un "Sistema de calidad". Se ha de disponer de los medios necesarios pa-



ra su mantenimiento y perfección en los laboratorios de medida, de carácter científico, tecnológico e industrial y por supuesto en las distintas áreas de aplicación de las radiaciones ionizantes en medicina.

3º) A divulgar la cultura metrológica y su aplicación práctica, la calibración, parte esencial de la Calidad. Si se dispone de un equipo, instrumento o sistema de medida sin calibrar, no es posible expresar de manera correcta y completa el resultado de una medición. Por el contrario, la incertidumbre señalada en un certificado de calibración constituye el primer paso para poder asignar a una medida, la cuantía de su incertidumbre.

#### B) De carácter específico:

4º) Instar al Ciemat para que lleve a cabo en el menor tiempo posible, la construcción y puesta a punto de los laboratorios de Braquiterapia y de Patrones neutrónicos. Dos áreas de la metrología tan importantes como las de braquiterapia y radiación neutrónica no pueden dar respuesta a las reiteradas solicitudes de calibración, cada vez más perentorias, de los colectivos de la Física Médica y de la Protección Radiológica respectivamente.

5º) Instar al Ministerio de Sanidad y Política Social e Igualdad y las Consejerías correspondientes de todas las Comunidades autónomas a que contribuyan en todos los sentidos, al mantenimiento del "Sistema de Calidad" instalado en distintas áreas de la medicina donde se aplican las radiaciones ionizantes, en particular:

- a) La realización de manera efectiva y completa en todas ellas, de auditorías internas y externas, por parte de la Autoridad sanitaria o de un organismo acreditado.
- b) La actuación de organismos de certificación que, cerrando el ciclo inicial de la calidad, puedan establecer la conformidad a los requisitos que fijan la norma o normas usadas.

6º) Recomendar a la SEFM, que ante la modificación de los Anexos I y II del RD 1841/1997, que establece los criterios de calidad en Medicina Nuclear, debe tener en cuenta los avances y logros alcanzados en la metrología de radionucleidos, lo que repercutirá necesi-

sariamente en la optimización de las tolerancias en el uso del equipamiento.

**Sesión A01: Fuentes de radiación natural** (Presidente: José Luis Martín Matarranz. Moderador: Rafael García Tenorio)

En esta sesión se presentaron los siguientes trabajos:

**Validez de la determinación de  $^{210}\text{Po}$  y  $^{210}\text{Pb}$  en orina humana para verificar su posible contaminación.** Este trabajo analiza la validez del uso de la espectrometría gamma para determinar la presencia de estos radionúclidos en la orina humana. Este tipo de análisis se puede utilizar, por tanto, como medio de control de posible contaminación en trabajadores de industrias NORM.

**Estudio radiológico de los fangos generados en una estación de tratamiento de aguas potables.** Estudia el contenido radiactivo de los residuos generados en las plantas potabilizadoras en situación normal de funcionamiento y suponiendo un funcionamiento optimizado para eliminar estos contenidos. En los restos analizados se detectó U-234, U-238 y Ra-226 bien fijados por medio de óxidos metálicos, por lo que no es probable su separación y por tanto tampoco que se pasen a los cultivos.

**Protocolo de actuación en industrias NORM. Centrales de producción térmica de carbón.** Presenta un protocolo o guía, como parte de un proyecto I+D, financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear, que pretende estimar el impacto radiológico en el entorno de este tipo de industrias. De este modo se pretende determinar si se produce un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de la población por el funcionamiento de este tipo de industrias. El protocolo recoge en primera fase una evaluación y, si esta es positiva, una segunda fase para cuantificar dicha influencia.

**Estudio de la instrumentación de medida de Radón en condiciones ambientales extremas.** Analiza los filtros utilizados en esta instrumentación para minimizar la influencia de parámetros como la humedad, sobre la respuesta de los detectores de radón continuos e integradores. Por el momento se han realizado medidas en condiciones estándar encontrándose variaciones en algunos de los detectores analizados. En una segunda fase se propone analizar la respuesta en condiciones extremas.

**$^{210}\text{Po}$  en organismos marinos consumidos por la población sevillana.** Estudia la contaminación por ingestión de productos marinos, es una parte importante de nuestra dieta, debido a este isótopo ya que es de los más tóxicos y se fija en la población marina. Como resultado se obtiene que el contenido de este radionúclidos en moluscos es importante, de manera que es el elemento natural que contribuye en mayor proporción a la dosis por ingestión recibida por la población sevillana, por encima de otros radioisótopos como los del uranio o el torio.





*Sesión A06.1: Métodos y algoritmos de cálculo, modelación y simulación* (Presidente: Miguel Herrador. Moderadora: Mara Iborra)

Los temas se han tratado con la profundidad adecuada al nivel de los asistentes y como aportaciones resaltamos:

1. **El diseño de un sistema de planificación basado en simulaciones Monte Carlo** que está siendo desarrollado y validado experimentalmente para futuros ensayos clínicos en radioterapia con microhaces y cuyos primeros resultados indican que las simulaciones Monte Carlo reproducen los datos experimentales medidos en medios homogéneos.
2. **El resultado de un estudio** que muestra que la distribución dosimétrica en un tratamiento braquiterápico ginecológico de alta tasa con fuente de Ir-192 con contraste yodado en la vejiga, se modifica de manera significativa aumentando la dosis absorbida en la vejiga.
3. **Un interesante trabajo de intercomparación internacional** organizado por el grupo de trabajo WG7 "Internal Dosimetry" de Eurados, de 4 laboratorios de medida in-vivo de la exposición interna con detectores de germanio utilizando un maniquí-pierna de USTUR conteniendo hueso humano con una contaminación real de Am-241.
4. **La mejora de los planes de tratamiento de APBI mediante la técnica MERT** mediante el uso del colimador multiláminas de fotones, instalado en algunos aceleradores actuales, que permite la fácil implementación de la técnica y el uso de haces combinados de electrones y fotones ampliando el uso de la técnica a lesiones más profundas.
5. **El despreciable impacto dosimétrico debido a la capa de titanio de la malla TiLoop Bra en la irradiación de la mama**, así como su efecto en la calidad de la imagen radiográfica y en la posible perturbación de los niveles de gris de dicha imagen, igualmente despreciable.

Destacar que estas aportaciones han incluido los últimos avances tecnológicos y las exposiciones han motivado a los asistentes. Así, tras las ponencias se ha suscitado el debate en el que ha habido una participación activa

entre los mismos, realizando cuestiones con aplicabilidad a la práctica profesional y a optimizar sus prácticas y sus métodos de trabajo.

*Sesión A12: Protección operacional del público y del medio ambiente en instalaciones no reglamentadas. Funcionamiento normal e incidencias.* (Presidente: David Cancio. Moderador: Florencio Javier Luis Simón)

En esta sesión se presentaron cinco trabajos:

**Caracterización de isótopos de plutonio en muestras de aire mediante técnicas retrospectivas ultrasensibles.** En el se expuso el trabajo realizado para determinar el incremento o no de la contaminación debida a isótopos de plutonio en el proceso de desmantelación del reactor nuclear de investigación y otras instalaciones radiactivas del Ciemat. Para ello fue necesario determinar en primer lugar el nivel de fondo en el entorno. La importancia de las técnicas presentadas es que permiten determinar niveles muy bajos y desarrollan nuevos modos para la evaluación de la contaminación a partir de las relaciones del término fuente y del fondo natural en muestras de ultra baja concentración de actividad de plutonio.

**Campaña de búsqueda de fuentes huérfanas llevada a cabo por Enresa** presentó el resultado de esta campaña desarrollada por Enresa, tras la publicación del R.D. 229/2006, en la que se han encontrado más de 400 fuentes en los sectores habituales. Se analizan también las causas más frecuentes de aparición de este tipo de fuentes, fundamentalmente económicas, descuido, ignorancia y legado histórico. En cuanto al riesgo, en ningún momento ninguna de ellas ha supuesto peligro real y destacan también la colaboración de todos los participantes.

**Evaluación radiológica de un complejo industrial de producción de fertilizantes fosfatados atendiendo al actual reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.** Al igual que en otros trabajos, la motivación del mismo es la obligatoriedad establecida por el mencionado Reglamento, de analizar si el funcionamiento de este tipo de industrias supone un incremento significativo de la exposición de trabajadores o público. Los resultados obtenidos indican que no es necesaria ninguna medida de protección radiológica con trabajadores o público, sin embargo se han encontrado, en algunos materiales, concentraciones elevadas de radionúclidos naturales que requieren medidas periódicas de control.

**Sistema de calidad establecido por el Consejo de Seguridad Nuclear en la vigilancia radiológica ambiental** nos presenta la visión general del sistema de calidad establecido en la red de vigilancia existente en nuestro país. Como medidas más destacadas el CSN supervisa todas las medidas, realiza auditorías e inspecciones y tiene establecido un programa anual de campañas de intercomparación entre los laboratorios con el apoyo del Ciemat. Al mismo tiempo desarrolla procedimientos normalizados para evitar la variabilidad y lograr una mayor homogeneización.

**Caracterización de un monitor de espectrometría gamma de LABR3 para las estaciones automáticas de vigilancia ambiental.** En esta ponencia se presentó la caracterización de un monitor para su instalación en las redes de vigilancia ambiental de manera automática. El detector se ha simulado mediante Monte Carlo, validándose mediante medidas experimentales. El detector ha demostrado su capacidad para su funcionamiento en este modo.

**Sesión A06.2: Métodos y algoritmos de cálculo, modelación y simulación** (Presidente: Juan José Peña. Moderador: José Pérez Calatayud)

En esta sesión se presentaron 5 comunicaciones:

**Un sistema de "razonamiento basado en casos" para la optimización de dosis en braquiterapia prostática de alta tasa.** (González Sancho J.M. et al., del Hospital General de Asturias). Resultó interesante ver este método derivado de la práctica en este hospital de gran experiencia en esta disciplina. En la discusión se planteó la posibilidad de incorporar esta novedosa aproximación a los algoritmos modernos de planificación inversa en proceso intraoperatorio.

**Un trabajo relativo a la evaluación mediante Monte Carlo de la medida in-vivo de la contaminación en pulmón.** (Moraleda M. et al, del Ciemat). Fue muy ilustrativo el ver esta aplicación tan compleja en este campo poco familiar para los Radiofísicos dedicados a la Radioterapia.

**Un trabajo que aplica las técnicas de Monte Carlo para el estudio del fraccionamiento en pacientes de Ca. de cabeza y cuello tratados con radioterapia** (Carrasco MA et al., del Hospital Virgen del Rocío). Los autores proponen una interesante herramienta para estudiar la influencia de los diferentes parámetros como el fraccionamiento en el control tumoral. Se produjo una interesante discusión sobre las posibilidades prospectivas de este modelo dadas sus hipótesis algunas de ellas con parámetros en discusión.

**El trabajo siguiente de Monte Carlo presentó una aplicación para la obtención del espectro de neutrones producido en un acelerador** (González-Soto et al., de las Universidades de Santiago, Barcelona, Ciemat, Sevilla y Hospital Virgen Macarena). Se estudiaron la dosis debida a neutrones en varios puntos en un maniquí antropomórfico a partir de medidas experimentales de la fluencia de neutrones térmicos en la sala. Excelente trabajo en busca de un método para estimar la dosis en el paciente. En la discusión se trató la posible generalización de estos resultados a otros modelos de aceleradores y salas.

Finalmente, Pujades MC et al de la Universidad de Valencia, y los Hospitales La Fe, Clínica Benidorm y Hospital General de Valencia, presentó la **aplicación de Monte Carlo para evaluar la influencia del defecto de componente dispersa en tratamientos braquiterápicos de piel supuesta por los Sistemas de Planificación actuales.** Se discutió sobre la criticidad del buen contacto en este tipo de tratamientos.

**Mesa redonda: El accidente nuclear de Japón: aspectos técnicos y radiológicos** (Moderador: Antonio Colino. Participantes: Eduardo Gallego, Abel González, Juan Carlos Lentijo)

El 11 de marzo de 2011 y tras un terremoto de magnitud extrema, se originó un gigantesco *tsunami* que asoló extensas áreas de la zona Noreste de Japón. El fenómeno afectó muy gravemente a algunas de las centrales nucleares ubicadas en dicha zona y en una de ellas, Fukushima Daichii, se produjo un accidente nuclear de la máxima severidad, que afectó a cuatro de sus seis reactores.

Las Sociedades organizadoras consideraron que este tema debía ser tratado en el Congreso y así lo solicitaron a los Comités encargados del mismo, que en un escaso tiempo pudieron organizarlo. En la sesión se analizó el accidente desde tres puntos de vista:

1. Sus aspectos tecnológicos, a cargo del profesor de la Universidad Politécnica de Madrid, Dr. Eduardo Gallego.
2. Sus aspectos radiológicos, internos y externos, a cargo del Director Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear, D. Juan Carlos Lentijo.
3. Su significación e implicaciones globales en el contexto internacional, considerando otros accidentes previos y la experiencia adquirida, a cargo del Vicepresidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, Dr. Abel González.

Tras las presentaciones de los ponentes se estableció un debate, vivo y profundo, sobre las consecuencias de todo tipo que este accidente tendrá presumiblemente en el futuro de la energía nuclear a escala mundial, y también sobre las actuaciones previsibles y su orientación más adecuada, para lograr primero el control final de la situación en las plantas accidentadas y después la recuperación de la "normalidad" radiológica en las zonas afectadas.

**Mesa Redonda: Formación y Docencia** (Moderador: Juan José Peña. Participantes: Eduardo Guibelalde, Marisa Marco, Eduardo Gallego, José Hernández Armas)

Eduardo Guibelalde habló, en su condición de coordinador europeo, sobre la formación del Medical Physics Expert, básicamente sobre las deliberaciones más tratadas en el Workshop "Guidelines on Medical Physics Expert". celebrado en Sevilla entre los días 9-10 mayo 2011, proyecto patrocinado por la Dirección General de Medioambiente de la Comisión Europea.

El propósito principal de este proyecto es suministrar criterios para mejorar la aplicación de las disposiciones europeas sobre exposiciones médicas relacionadas con la figura del experto en Física Médica (MPE) y facilitar la armonización de sus competencias y formación entre los Estados miembros de la Unión Europea y países candidatos. Se puede consultar información en <http://portal.ucm.es/web/medicalphysics>

Seguidamente, Marisa Marco habló sobre la plataforma europea de formación en Protección Radiológica (EUTERP), que nació como consecuencia de un estudio en 2002 de la Comisión Europea sobre el estado de la formación y entrenamiento en PR en los estados de la UE, estudio que puso de manifiesto la gran variación de aproximaciones en la formación y entrenamiento de los diferentes países, así como las diferentes interpretaciones en el papel y la cualificación requerida al "Experto cualificado" en P.R. Como consecuencia se creó la Plataforma Europea de Formación y Entrenamiento en PR-EUTERP (2007-2009), con el objetivo prioritario de eliminar los obstáculos que impiden la movilidad de los expertos en protección radiológica dentro de la U.E., mediante la armonización de criterios y cualificaciones, favoreciendo el mutuo reconocimiento de dichos expertos y mejorando la integración de la formación y entrenamiento en las infraestructuras de PR ocupacional de los diferentes países de la UE.

Desde 2010 continúa su labor como Fundación EUTERP, entidad legal independiente, y punto focal de la información europea de formación y entrenamiento en PR. Funciona con socios afiliados y está abierta a todo el sector relacionado con las actividades de formación y educación en protección radiológica. Se puede encontrar información actualizada en [www.euterp.eu](http://www.euterp.eu)

Eduardo Gallego intervino para tratar dos vertientes: por un lado la formación en PR a los estudiantes de ingeniería nuclear y por otro el papel de la IRPA en la formación continua de los profesionales de la PR. En primer lugar, describió los programas de grado y máster en los que se incluye directamente la protección radiológica en las universidades Politécnicas de Cataluña (UPC), Madrid (UPM) y Valencia (UPV), y en la U. del País Vasco (EHU), que incluyen diversas materias y programas en el ámbito de la ingeniería nuclear en sus nuevas titulaciones. La tónica general, a nivel de grado, es que mientras que en las actuales titulaciones a extinguir de Ingeniero Industrial, se imparte PR dentro de la especialidad Técnicas Energéticas, ya no se incluye en los nuevos grados de Ingeniería en Tecnologías Industriales. No obstante, aparecen nuevos grados de Ingeniería de la Energía (UPM y UPV), que incluyen la PR dentro del itinerario de energía nuclear y en la UPC también se incluye PR el nuevo grado de Ingeniería Técnica Industrial dentro de la intensificación en ingeniería biomédica.

En los nuevos másteres sí que se incluyen materias con contenidos significativos en PR. En la UPC dentro del Máster universitario en Ingeniería Biomédica (UB-UPC) y en el Master in Nuclear Engineering que dará comienzo en 2011. En la UPM, de forma optativa aparece en el Máster en Ingeniería de la Energía y en el de Ciencia y Tecnología Nuclear, además de una asignatura sobre Impacto Radiológico Ambiental. Se prevé también su inclusión como optativa en el futuro Máster en Ingeniería en Tecnologías Industriales (dentro de la especialidad Técnicas Energéticas). En la EHU, los futuros másteres en Ingeniería

Física y en Ingeniería Industrial (intensificación Ingeniería Nuclear) también incluyen la PR en sus contenidos. En la UPV, los másteres en Ingeniería Industrial (intensificación nuclear) y en Seguridad Industrial y Medio Ambiente, también incluyen materias que guardan relación con la PR.

En segundo lugar, como vocal del Consejo Ejecutivo de la IRPA describió brevemente el Plan Estratégico en sus aspectos relacionados con la formación, aclarando que el papel de la IRPA debe ser el de la asesoría, promoción y apoyo a las actividades de formación que organicen las sociedades miembro de la IRPA, estimulando la creación de redes para que se hagan actividades en colaboración y se compartan contenidos, por ejemplo, en el ámbito europeo o latinoamericano. El Plan de IRPA incluye la cooperación con los organismos internacionales que se ocupan de actividades de formación, como el OIEA, la organización y mejora de los cursos y seminarios de refresco que se incluyen en todos los congresos, así como la organización de actividades con las sociedades que la componen. Hay que destacar que se pretenden estimular de forma significativa las actividades que puedan atraer e implicar a los jóvenes profesionales, estableciendo premios y creando una red de jóvenes profesionales de la PR que deseen compartir experiencias y organizar actividades en los congresos. Todas estas iniciativas se podrán debatir y se verán lanzadas en el próximo congreso IRPA 13 de Glasgow.

Finalmente, José Hernández Armas hizo una presentación sobre la "Física Médica en la Universidad Española", con una visión de dónde y cómo se enseña Física Médica (formato Master) y dónde y cómo se enseña Física Médica en las enseñanzas de Grado correspondientes a las profesiones sanitarias, después de la entrada en vigor de los planes docentes en función de lo establecido en Bolonia, que ha modificado el panorama de la formación y docencia de la Física Médica en lo siguiente:

- a) Propuesta de Master en Física Médica por algunas Universidades (Valencia, Complutense y Sevilla y UNED). Otras Universidades ofertan algunos estudios de posgrado con orientación de Física Médica pero sin la estructura de Master.
- b) Modificaciones de los créditos asignados a la asignatura "Física Médica" en los nuevos estudios de Grado en Medicina (desde 3 a 7 créditos ECTS), en relación con los que tenía esta disciplina en los estudios de licenciatura en Medicina.
- c) Aparición de materias relacionadas con la Física Médica en algunos estudios de Grado de Ciencias de la Salud. En los estudios de Grado en Fisioterapia de

toda España figura una materia "Biomecánica y Física en Fisioterapia" con 6 créditos ECTS. En general, esta docencia está a cargo de profesorado no formado en Física Médica y en los estudios de Grado en Enfermería, solamente en una Universidad se mantiene estudios relacionados con la Física Médica.

**Sesión A04: Dosimetría Clínica en el diagnóstico con radiaciones. Dosimetría interna** (Presidente; Teresa Navarro. Moderador: José Antonio Terrón)

**Dosis de radiación al paciente y al radiólogo durante la realización de tomografía computarizada en tórax: programa de diagnóstico precoz del cáncer de pulmón, biopsia guiada y simulación del tratamiento oncológico radioterápico del cáncer de mama.** En este trabajo se analiza la dosis al paciente y al especialista médico en distintos protocolos de diagnóstico, estableciéndose recomendaciones para la reducción del nivel de dosis sin afectar a la calidad de imagen y analizándose los protocolos utilizados. Se analiza también este problema ya que se están incrementando notablemente este tipo de estudios, incrementando la dosis colectiva recibida.

**Dosis en la superficie de entrada en exploraciones pediátricas de tórax con distintos sistemas de imagen.** Este estudio aborda el problema de la dosis en la exploración radiológica más frecuente (tórax) que cobra mayor importancia en la edad pediátrica ya que tienen una mayor esperanza de vida. Se comparan distintos sistemas de imagen (CR, DR y película) desde el punto de vista de la dosis que recibe el paciente en cada caso, comparándose con el nivel de referencia propuesto en la Guía europea. Los resultados muestran una reducción de la dosis con la evolución de los sistemas, sin embargo para las menores edades se ve necesario ser especialmente cuidadosos con la técnica seleccionada.

**Elaboración de una aplicación para el control de la dosis impartida por equipos de radiología digital.** El trabajo utiliza la ventaja de los sistemas digitales en cuanto a registro y control de dosis, desarrollando una herramienta que permita recoger estos parámetros de manera automática para su posterior control y análisis. Esto permite tener un control de la dosis en función de parámetros como equipos, técnicas, tipo de tumor.

**Mejora de la AMD en contadores tipo Quicky para conseguir un nivel derivado de registro de 0.2 mSv en contajes de salida en recargas.** El trabajo surgió como una necesidad ya que se pedía una capacidad de detección de la que no se disponía hasta el momento. En la ponencia se expusieron los procedimientos llevados a cabo para aumentar la eficiencia de contaje, fundamentalmente variando la disposición geométrica. Los resultados mostraron una configuración idónea para alcanzar este nivel de detección en las condiciones de tiempo de medida habituales.

**Simulación en radiología intervencionista y medida de dosis a pacientes.** En este último trabajo de la sesión se presentaron las medidas realizadas con dosímetros de

termoluminiscencia y un maniquí antropomórfico para establecer niveles de referencia en procedimientos intervencionistas. El procedimiento para el que se realizó la simulación en este caso fue el de drenaje biliar. En las conclusiones se estableció que era un buen método para establecer niveles de referencia en estos procedimientos.

**Sesión A09, A010 y A18: Biofísica. Aplicaciones médicas de otros agentes y métodos de la Física. Formación y docencia. Radiaciones no ionizantes** (Presidente: Almudena Real. Moderador: Alejandro Úbeda)

Dentro del Área Temática A9 "**Biofísica. Aplicaciones médicas de otros agentes y métodos de la física**", se han recibido 6 trabajos, cuatro de ellos relacionados con las aplicaciones diagnósticas de técnicas termográficas, luz estructurada o redes neuronales, uno sobre el uso de electrodos para localización de focos epilépticos, todos ellos presentados como pósteres. El trabajo presentado como comunicación oral trató sobre la aplicación de técnicas biospeckle para el estudio de actividad biológica *in Vitro*.

Se recibieron 7 trabajos del Área Temática A10 "**Formación y Docencia**". Cuatro de estos trabajos trataban técnicas innovadoras de formación en protección radiológica relacionadas con cursos, teleenseñanza, portales, semipresenciales, etc., tres de ellos se presentaron en forma de póster y uno como comunicación oral, el cual trató de los cursos de segundo nivel de formación en protección radiológica de los profesionales que llevan a cabo procedimientos de radiología intervencionista en instituciones sanitarias. El otro trabajo presentado durante la sesión trató sobre la incorporación de la física médica en los nuevos planes de estudio de grado de las facultades españolas de medicina. Los otros dos trabajos de esta área se presentaron en forma de póster y trataron sobre los estándares de la Unión Europea en formación en protección radiológica y las prácticas de visualización de imagen radiográfica.

Por último, fueron 9 los trabajos recibidos para el Área Temática A18 "**Radiaciones No Ionizantes**". En la sesión estaba previsto la presentación oral de tres de estos trabajos, los cuales versaban sobre la generación de rayos X por interacción de pulsos láser con blancos sólidos, la acción genotóxica de campos de frecuencia extremadamente baja en un modelo experimental *in vivo* y la radiofrecuencia de telefonía móvil y el riesgo de tumores cerebrales en niños. Este último trabajo no fue finalmente presentado en la sesión, ya que la ponente avisó con antelación que por motivos de causa mayor le sería imposible asistir al Congreso. Los trabajos presentados en forma de póster trataron temas relacionados con la exposición a radiofrecuencia y protección radiológica en hospitales, la exposición ocupacional a radiación ultravioleta, el control de calidad en equipos de imagen por resonancia magnética, la acción de radiofrecuencias subterómicas en proteínas de choque térmico, en estudios *in vivo* en tiroides de ratas y la acción citostática de radiofrecuencias subterómicas *in vitro* en una línea celular de retinoblastoma humano.

## La página web de la SEPR

Varios acontecimientos, algunos provocados y otros no, han alterado profundamente el funcionamiento de nuestra web. Dentro de los cambios provocados desde el comité de redacción, los principales han sido:

- 1.- El envío de e-mails automáticos al publicar mensajes en el foro en forma de boletines de noticias, modificaciones que se implementaron hace cerca de dos años,
- 2.- La incorporación de las Redes Sindicadas de Contenidos (o RSS) a la web, que ha permitido la inclusión de avisos automáticos en diversas redes sociales.

Se ha comprobado que, en promedio, el número de visitas a la web se ha duplicado, especialmente el de socios que acceden con su nombre de usuario y contraseña, estando actualmente en un rango de entre 200 y 800 visitas diarias a la web. Además, la variación que existía entre días laborales y festivos se ha reducido de forma notable, indicando que la web es visitada asiduamente incluso los fines de semana. Por desgracia, el mayor impacto sufrido vino provocado por el accidente de Fukushima en marzo de este año. Eviden-



Figura 1. Izqda. Visitas mensuales a la web de la SEPR. Dcha. Transferencia de datos.

temente, la SEPR se convirtió en una referencia de consulta para los expertos, los medios de comunicación y el público en general. En concreto, dentro de la web, se creó un apartado específico donde se publicó la nota de la SEPR y se ha ido organizando la ingente cantidad de información que se ha generado, incluyendo en este momento artículos científicos, textos educativos, reglamentación, presentaciones en jornadas, recomendaciones internacionales, páginas web con datos en tiempo real e incluso varios videos. Por este motivo creemos necesario presentar aquí un análisis más detallado sobre qué ha supuesto para la web de la SEPR dicho accidente.

En la figura 1 se puede observar como el mes de marzo supuso un aumento de cerca de un 40% en el número de visitas con respecto al mes anterior, seguida de una disminución progresiva que indica una pérdida de interés. Detallando las



Figura 2. Visitas diarias a la web de la SEPR.

visitas de forma diaria (figura 2), se observa más claramente la existencia de un pico muy marcado, una disminución progresiva, alcanzando un mínimo en los meses de verano, y recuperando una actividad normal al llegar septiembre.

Un detalle de los meses de marzo y abril (figura 3) muestra el súbito incremento de las visitas el día 14 (lunes), alcanzando el máximo de 1.115 visitas el día 16 de marzo (miércoles), un día después de producirse las explosiones en las unidades 2 y 4. Después se rozó dicho máximo el día 24 (jueves), día en que se produce la irradiación accidental de varios trabajadores que provoca el aumento de los niveles de dosis permitidos.

El día 14 de abril se celebran las Jornadas de PR en 2010 en el Ciemat, donde se realizan varias presentaciones sobre el accidente en Fukushima, que se subieron a la web. Por ese motivo el día 15 de abril se produce un nuevo pico de visitas. Las presentaciones que realizaron al respecto Eduardo Gallego y Juan Carlos Lentiño en dichas jornadas y en el Congreso de Sevilla son unos de los documentos más descargados de la web desde ese día. En concreto la presentación "El accidente de Fukushima: aspectos técnicos" se ha descargado hasta el 23 de septiembre 4800 veces.

Toda esta actividad ha supuesto para la web de la SEPR que se superara con creces la transferencia de datos contratada, de 5 GB mensuales, durante los meses de marzo a junio (figura 1). Las implicaciones económicas para la sociedad, de momento, han sido nulas, aunque no debe descartarse un posible aumento de repetirse la situación.



Figura 3. Visitas diarias durante los meses de marzo y abril de 2011.

## Descargables

Ya se encuentran disponibles las presentaciones realizadas en la Jornada sobre la participación española en redes de I+D europeas:

- STAR - Red de Excelencia en Radioecología - Almudena Real
  - NERIS - European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery - Eduardo Gallego y Milagros Montero
  - MELODI - Multidisciplinary European Low Dose Initiative - Dr. Javier Santos,
  - ENETRAP II - European Network on Education and Training in Radiological Protection - Marisa Marco y Cristina Llorente.
- También pueden descargarse desde la página web los siguientes documentos elaborados por el Grupo de Trabajo de Radiaciones No Ionizantes de la SEPR.
- Las radiaciones no ionizantes en telefonía móvil - Introducción
  - Las radiaciones no ionizantes en telefonía móvil - Preguntas más frecuentes
  - Las radiaciones no ionizantes en telefonía móvil - Recomendaciones

Juan Carlos Mora  
Coordinador de la página web de la SEPR

# Estudio de la carga de trabajo a aplicar en el cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192

M<sup>a</sup> Carmen Pujades-Claumarchirant<sup>1</sup>, Jose Pérez-Calatayud<sup>2</sup> y Facundo Ballester<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sección de Radiofísica en Radioterapia, Servicio de Radioterapia, Hospital La Fe, Valencia

<sup>2</sup>Sección de Radiofísica en Radioterapia, Servicio de Radioterapia, Hospital Clínica Benidorm (Alicante)

<sup>3</sup>Departamento de Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Valencia

## RESUMEN

El diseño del blindaje en instalaciones de braquiterapia de alta tasa (HDR-BT) requiere de una estimación de la carga de trabajo (W). El objetivo es evaluar la W típica de un servicio de <sup>192</sup>Ir-HDR-BT con un elevado número de aplicaciones y su repercusión en el espesor del blindaje resultante. Se ha realizado un cálculo realista de W a partir del producto de la tasa de kerma en aire a 1 m de distancia de la fuente (TKRA) por el tiempo en el que está en uso la fuente para los tratamientos y los controles de Radiofísica. El valor obtenido se ha comparado con valores de otras publicaciones y se ha estudiado su repercusión en el blindaje para una situación típica. El valor estimado resultante de W ha sido 0,07 Gy/semana con un máximo de 0,14 Gy/semana. Estos valores están comprendidos entre los propuestos en otras publicaciones (min.0,02 y máx.0,3 Gy/semana). La repercusión del valor seleccionado de W en el espesor de blindaje ha resultado en variaciones de hasta 16cm de hormigón para variaciones de W de 0,02 a 0,3 Gy/semana. En una instalación de <sup>192</sup>Ir-HDR W es del orden de 0,1 Gy/semana, pero teniendo en cuenta criterios tanto conservadores como previsoros, así como su impacto en el blindaje, se puede considerar adecuado para el diseño de la instalación W=0,3 Gy/semana.

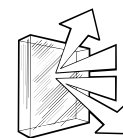
## ABSTRACT

The design of shielding of high dose rate brachytherapy (HDR-BT) facilities requires an estimation of the workload (W). The objective is to evaluate the typical W in an <sup>192</sup>Ir-HDR-BT department with a high number of applications and their impact on the thickness of the shield barrier. We have performed a realistic calculation of W from the product of TKRA and the time in which the source is in use for both the treatments and commissioning and QA measurements. The value obtained has been compared with existing ones in other publications and we have studied their impact on the shield for a particular case. The average W is 0,07 Gy/week with a maximum of 0,14 Gy/week. These values are between the values proposed in other publications (min.0,02 and max.0,3 Gy/week). The impact of the W value used in the shielding calculation has caused variations of up to 16 cm of required concrete for W variations between 0,02 to 0,3 Gy/week. In an <sup>192</sup>Ir-HDR facility, W is about 0,1 Gy/week, nevertheless taking into account conservative and farsighted criteria, and their impact on the shield, it could be considered suitable for design the value W=0,3 Gy/week.

## INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de braquiterapia (BT) de alta tasa (HDR) de <sup>192</sup>Ir requieren sistemas de blindaje que garanticen que no se superan los límites de dosis establecidos [1], tanto para los trabajadores expuestos como para los miembros del público. En la actualidad, para el cálculo del diseño de los blindajes en radioterapia se emplean habitualmente los informes del *National Council on Radiological Protection and Measurements (NCRP) Report 151, Structural Shielding*

*Design for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities* [2] y *NCRP Report 147 Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities* [3]. Ninguno de estos informes aborda directamente el diseño del blindaje en instalaciones de BT, realizándose en la práctica diferentes interpretaciones/adaptaciones del procedimiento de cálculo para el caso de aceleradores. En los últimos años ha aparecido el *NCRP Report 155 Management of radionuclide therapy patients* [4], el cual considera algunos de los aspectos en el diseño de instalaciones de BT.



La metodología para cálculo de blindajes de las salas de BT es similar a la de teleterapia. Se basa en la obtención de un factor de transmisión de la barrera ( $B$ ) a través del objetivo de dosis a conseguir detrás de la barrera ( $P$ ), la distancia a la misma ( $d$ ), la carga de trabajo ( $W$ ) y el factor de ocupación ( $T$ ) (ecuación 1):

$$B = \frac{Pd^2}{WT} \quad (1)$$

$W$  equivale al promedio de dosis absorbida de radiación producida por una fuente durante un determinado periodo de tiempo en un lugar específico. En el NCRP 155 se recomienda usar como periodo de tiempo una semana.

En el NCRP 151, la carga de trabajo se define como la dosis absorbida debida a fotones en el isocentro, a 1 m de la fuente durante un periodo de una semana promediado durante un año. En el caso de BT, la carga de trabajo se obtiene a partir del TRAK (*Total Reference Air Kerma*) definido en el Report ICRU 58 [5] como el producto de la tasa de kerma en aire a 1 m de distancia de la fuente (TKRA [6] o su equivalente americana *Air Kerma Strength*, SK) por el tiempo de irradiación. El TRAK se da en unidades de Gy a 1 metro, es proporcional a la dosis integral al paciente y sirve como un índice útil para la protección radiológica del personal. El TKRA de una fuente de  $^{192}\text{Ir}$  HDR en el momento de la entrega habitualmente es del orden de  $40700 \mu\text{Gy m}^2\text{h}^{-1}$  (actividad aparente  $370 \text{ GBq}$  o  $10 \text{ Ci}$ ). Esta información, junto con el número medio de pacientes tratados por semana y el tiempo promedio de tratamiento por paciente, se utiliza para determinar la carga de trabajo (ecuación 2).

$$W = N \times \overline{\text{TRAK}} \quad (2)$$

donde  $N$  es el número medio de pacientes tratados por semana y  $\overline{\text{TRAK}}$  es el producto del TKRA de la fuente por el tiempo promedio de tratamiento por paciente. Las unidades de  $W$  son Gy/semana a 1 m.

En NCRP 151 se definen dos cantidades carga de trabajo: carga de trabajo primaria y carga de trabajo por fugas de radiación. En el caso de BT, todas las paredes, el techo y el suelo de la sala de tratamiento actúan como una barrera primaria y, por tanto, solo se trabaja con una única carga de trabajo.

Existen pocas publicaciones sobre la carga de trabajo a considerar en una instalación de BT. En el NCRP 151 no se menciona la carga de trabajo típica a emplear para el diseño del blindaje en instalaciones de BT. En el NCRP 155 se da un ejemplo de cómo estimarla. Los valores para la carga de trabajo que aparecen en los pocos trabajos publicados [4, 7-9] varían entre  $0,02 \text{ Gy/semana}$  a  $0,3 \text{ Gy/semana}$ .

El objetivo de este trabajo es evaluar la carga de trabajo típica de un servicio de BT con  $^{192}\text{Ir}$ -HDR con un elevado número de aplicaciones y su repercusión en el espesor final del blindaje de la sala. Para ello, de una revisión de los pacientes tratados en nuestro centro mediante HDR se ha evaluado la carga de trabajo para compararla con los valores publicados y se ha estudiado su impacto en el diseño de los blindajes de la instalación.

## MATERIAL Y MÉTODO

Para hacer un cálculo realista de la carga de trabajo se ha de realizar el producto del TKRA o  $S_K$  ( $\text{Gy m}^2\text{h}^{-1}$ ) por el tiempo (h) en el que la fuente está en uso para un determinado intervalo de tiempo. Para una fuente de HDR de  $^{192}\text{Ir}$  de actividad  $10 \text{ Ci}$  típica, normalmente se usa como valor de TKRA  $40700 \text{ U}$  ( $1\text{U} = \mu\text{Gy m}^2\text{h}^{-1}$ ). La conversión de kerma a dosis se realiza a través de la razón de coeficientes máscicos de absorción de energía promediados sobre los espectros existentes en agua y aire  $\left[\frac{\mu_{en}}{\rho}\right]_{\text{aire}}^{\text{agua}} = 1,11$  [10].  $W$  también debe incluir una contribución debida al tiempo empleado en los controles de calidad, calibraciones, verificaciones tras cambios de fuente o de otro tipo medidas físicas [4].

De una revisión de los pacientes tratados a lo largo de un año con HDR en nuestro centro, se ha identificado la fecha de tratamiento, TKRA de la fuente en el momento del tratamiento, localización anatómica, dosis prescrita, número de fracciones y tiempo total de tratamiento para la TKRA correspondiente. Además, se ha estimado la  $W$  asociada a los controles periódicos, tanto diarios como tras los cambios de fuente. A partir de estos datos se ha estimado la carga anual de trabajo.

El valor obtenido de  $W$  se ha comparado con valores publicados, y por las posibles variaciones en la carga semanal, se ha estudiado su repercusión en el espesor de blindaje para el caso de una barrera de hormigón para protección de personal profesionalmente expuesto, con la fuente situada a  $2 \text{ m}$  de distancia, factor de ocupación  $T=1$ , para los objetivos de diseño de  $200 \mu\text{Gy/semana}$  y  $40 \mu\text{Gy/semana}$  (factores de reducción de  $1/2$  y  $1/10$  frente al objetivo anual). Para realizar este cálculo se ha empleado la ecuación 1 y los datos de transmisión de barreras de Papagiannis *et al.* [11]. Solo se considera la radiación primaria debida a la fuente en el exterior de su recipiente blindado y en aire, es decir no se considera la atenuación en el interior del paciente ni radiación dispersa por el mismo. Se considera que estas consideraciones suponen un criterio conservador, ya que si se considerase la fuente en el paciente, el efecto de atenuación sería superior a la posible generación de radiación dispersa en el paciente.

Parámetro	Nuestro estudio	NCRP 155 [4]	Glasgow [8]	Glasgow [9]	Lymeropoulou et al. [7]
Kerma en aire (U)	máx. $4,429 \times 10^4$ mín. $1,479 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	$4 \times 10^4$
Fraciones/semana	19,7	20	4,64	4	–
Tiempo tratamiento/fracción (h)	0,098 (máx. 0,23)	0,33	0,07	0,5	–
Tiempo irradiación por semana (h)	2,1	6,7	0,33	2	–
$\overline{TKRA}$ tratamientos (Gy a 1 m)	0,011	–	–	–	0,0067
Carga de trabajo chequeos diarios (Gy/semana a 1 m)	0,0047	–	–	–	–
Carga trabajo cambio de fuente (Gy/cambio fuente a 1 m)	0,016	–	–	–	–
Carga de trabajo (Gy/semana a 1 m)	0,07 (máx. 0,14)	0,3	0,013	0,08	–

Tabla I. Carga de trabajo en varios estudios.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 343 aplicaciones (983 fracciones) realizadas en los últimos doce meses consecutivos, 125 aplicaciones fueron cilindros vaginales (dome) (382 fracciones), 59 ginecológico (151 fracciones), 21 Valencia-piel (151 fracciones), 20 cabeza y cuello (120 fracciones), 96 próstata (96 fracciones), 20 mama (77 fracciones) y 2 pulmón (6 fracciones). En la Figura 1 se muestran estos resultados gráficamente.

La TKRA de la fuente a lo largo del estudio se ha encontrado entre 44290 U (fuente recién cambiada) y 14790 U. El tiempo promedio para una fracción de tratamiento ha sido de 5,907 minutos. Incluyendo los procedimientos de control de calidad para lo que en nuestra instalación empleamos un total de tiempo de radiación de 6,23 horas/año, el tiempo total de uso de la fuente ha sido de 103 horas/año, con una carga de trabajo total anual de 3,2 Gy/año a 1 m, dando

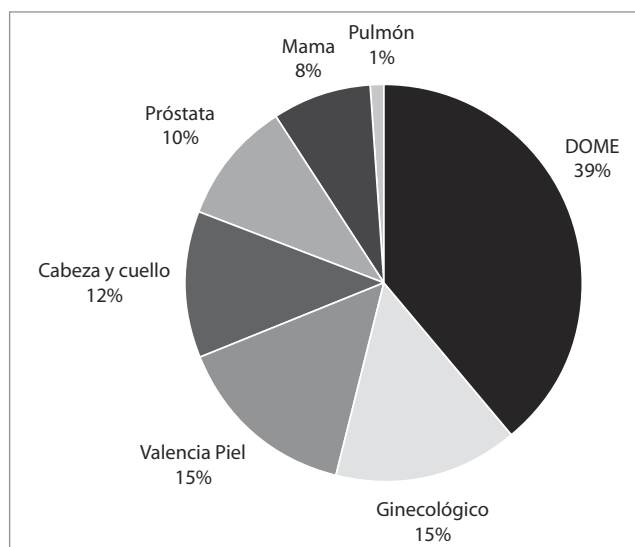


Figura 1. Relación de fracciones de cada uno de los tratamientos realizados en el último año en nuestro centro.

Área	RD783/2001 [1]	NCRP 147 [3] - NCRP 151 [2] - NCRP 155 [4]		Lymeropoulou et al [7]	
	Límite dosis anual, E (mSv/año)	Límite dosis anual, E (mSv/año)	Objetivo del diseño del blindaje P (μGy/semana)	Límite dosis anual, E (mSv/año) Directiva EURATOM 96/29 [12]	Objetivo del diseño del blindaje P (μGy/semana)
Controlada	20 (100mSv/5años) máx. 50	5	100	20	200
No controlada	1	1	20	1	10
Factor reducción	–	1/1		1/2	

Tabla II. Límites anuales de dosis, E, correspondientes a los objetivos de los blindajes, P, recomendados por varios organismos. Se indica el factor de reducción del objetivo de dosis semanal respecto al límite de dosis anual.



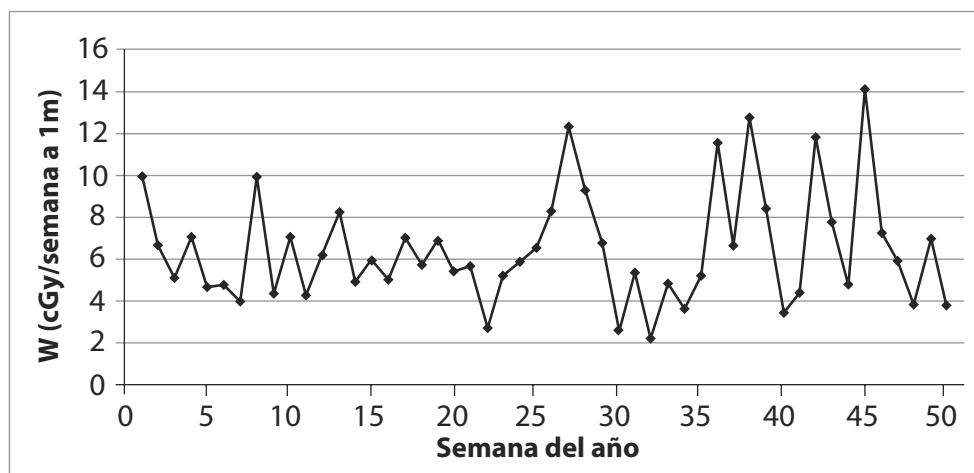
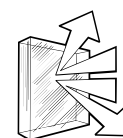


Figura 2. Evolución de la carga de trabajo semanal a lo largo de un año en nuestro centro.

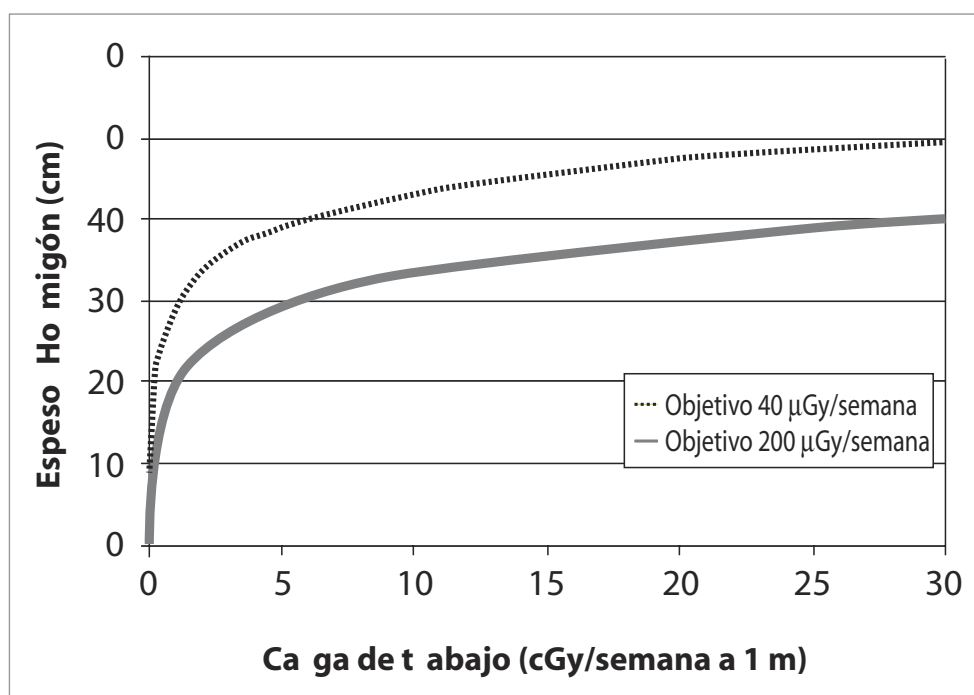


Figura 3. Variación en el espesor de hormigón necesario en función de la carga de trabajo para una barrera para protección de personal profesionalmente expuesto, con la fuente situada a 2 m de distancia, objetivo de diseño de 200  $\mu$ Gy/semana y 40  $\mu$ Gy/semana.

un promedio de 0,07 Gy/semana a 1 m con un máximo de 0,14 Gy/semana a 1 m (Figura 2). Estos valores están comprendidos entre los valores propuestos en las otras publicaciones (Tabla I).

En el NCRP 155 no aparece directamente un valor recomendado de carga de trabajo típica de una instalación de BT, sin embargo proporciona un ejemplo de una estimación de  $W$  para una tasa de kerma en aire típica de 39000  $\mu$ Gy  $h^{-1}$  a 1 m (tasa de absorción de dosis a 1 m de 43000  $\mu$ Gy

$h^{-1}$ ), considerando cuatro pacientes/día con un tiempo promedio de tratamiento de 20 minutos por paciente y un programa de tratamiento de 5 días/semana, lo que da lugar a  $W= 0,3$  Gy/semana a 1 m. Comparando con nuestros resultados, este ejemplo parece sobreestimar el tiempo de tratamiento. No obstante, es el único valor de la carga de trabajo en BT que aparece en unas recomendaciones oficiales. En uno de los estudios llevados a cabo por Glasgow [9], se estima la carga de trabajo en 4 pacientes/semana y tiempo promedio de tratamiento de 30 minutos/paciente, lo que da lugar a  $W= 0,08$  Gy/semana a 1 m. En otro trabajo de Glasgow [8], un cálculo realista con los datos de su instalación proporcionan  $W= 0,013$  Gy/semana a 1 m. Glasgow recomienda que el valor de  $W$  a utilizar se encuentre en el intervalo 0,02-0,04 Gy/semana a 1 m.

En la Figura 2 se muestra la distribución semanal de la carga de trabajo. El cálculo de blindajes ha de tener en cuenta la carga de trabajo máxima esperada. Es habitual asumir que la carga de trabajo se distribuye uniformemente durante todo

el año, pero como se observa en la Figura 2 podemos encontrar alguna semana en la que se alcanza una carga de trabajo del orden del doble del promedio anual. Por lo tanto, es razonable utilizar el valor máximo en lugar del valor promedio anual para que el diseño de la barrera cumpla siempre con el objetivo semanal.

Para una sala de tratamiento dedicada a HDR, normalmente se requiere de 40 a 60 cm de hormigón para proteger adecuadamente las zonas, dependiendo de la ubicación

de la fuente en relación con las áreas bajo examen, la ocupación de las áreas adyacentes y la carga de trabajo considerada. En la Tabla II se recogen diferentes recomendaciones sobre los objetivos de diseño a cumplir (*P*). Se pueden encontrar valores recomendados para áreas controladas y no controladas en NCRP 147, NCRP 151 y Lympelopoulou *et al*[7]. NCRP 155 recomienda utilizar los objetivos de diseño de NCRP 147 aplicados a las instalaciones de HDR-BT. Los objetivos del diseño en estos documentos vienen expresados como valores semanales y en el caso de Lympelopoulou *et al*, además incorporan un factor de reducción respecto al valor del límite de dosis anual de EURATOM 96/29[12].

En la Figura 3 se ha representado la dependencia del espesor requerido en función de la carga de trabajo para el caso concreto de una barrera de hormigón para protección de personal profesionalmente expuesto, con la fuente situada a 2 m de distancia, factor de ocupación  $T=1$  y para dos objetivos de diseño, uno según Lympelopoulou *et al* de 200  $\mu\text{Gy}/\text{semana}$  y otro más conservativo, considerando un factor de reducción 1/10 sobre el límite anual del RD783/2001 resultando en 40  $\mu\text{Gy}/\text{semana}$ . Para el ejemplo considerado, vemos que un cambio en la carga de trabajo de 0,02 a 0,3 Gy/semana a 1 m, se traduce en una diferencia de espesor de hormigón de 16,4 cm. Esta evaluación da una idea de la repercusión de la selección del valor concreto de la carga de trabajo en el espesor de blindaje resultante.

La BT de alta tasa de dosis es una modalidad de tratamiento en auge que avanza hacia nuevas técnicas como la HDR de próstata con impacto importante en *W*, de ahí que además de ser conservadores en el diseño de los blindajes, es conveniente tener cierta previsión. Parece adecuado pues, en la práctica tomar  $W=0,3$  Gy/semana a 1 m puesto que este valor está muy por encima de la carga de trabajo real actual, por lo que es conservador y previsor, y además está referenciado en NCRP 155, lo que justifica su elección.

## CONCLUSIÓN

Las cargas de trabajo deben estimarse de forma conservadora e incluir las exposiciones previstas para control de calidad y otras medidas de Radiofísica. Realizando los tratamientos habituales en una instalación de HDR, es suficiente considerar cargas de trabajo del orden de 0,1 Gy/semana a 1 m para el diseño de la instalación, pero teniendo en cuenta criterios tanto conservadores como previsores, así como su impacto en el blindaje resultante, se puede considerar  $W=0,3$  Gy/semana a 1 m.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. REAL DECRETO 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. Ministerio de la Presidencia. BOE-A-2001-14555. BOE no 178:27284 -393; 2001.
- [2]. NCRP Report No151. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, 2005.
- [3]. NCRP Report No147. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, 2004.
- [4]. NCRP Report No155 Management of radionuclide therapy patients. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, 2006.
- [5]. ICRU Report No58. Dose and volume specification for reporting interstitial therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements, 1997.
- [6]. Perez-Calatayud J., Arrans R, De Frutos J. M.a, Guisasaola A., Macías J. y Valverde J. Calibración, Matrices de Dosis y Control de Calidad en Braquiterapia: Informe del Grupo de Trabajo de Braquiterapia de la SEFM. Rev Esp Fis Med 1(0):1-49; 2000.
- [7]. Lympelopoulou G., Papagiannis P., Sakelliou L., Georgiou E., Hourdakís C.J. y Baltas D. Comparison of radiation shielding requirements for HDR brachytherapy using  $^{169}\text{Yb}$  and  $^{192}\text{Ir}$  sources. Med Phys 33 (7):2541- 47; 2006.
- [8]. Glasgow G., Rusu I. y Albuquerque K. Workloads for high dose rate brachytherapy facilities. AbstractID: 9292. 50th AAPM Annual Meeting, Houston, Texas, 2008.
- [9]. Glasgow G. Brachytherapy Facility Shielding. AAPM Summer School - Shielding Methods for Medical Facilities: Diagnostic Imaging, PET, and Radiation Therapy. St. John's University, Collegeville, MN, 2007.
- [10]. Wyckoff H. Reply Communication. Med Phys 10:715-17; 1983.
- [11]. Papagiannis P., Baltas D., Granero D., Perez-Calatayud J., Gimeno J., Ballester F. y Venselaar J. L. M. Radiation transmission data for radionuclides and materials relevant to brachytherapy facility shielding. Med Phys 35:4898-906; 2008.
- [12]. Directiva EURATOM 96/29. Laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation. The Council of The European Union, 1996.

# Las bases éticas de los principios internacionales de Protección Radiológica

Abel J. González

Vicepresidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica  
Autoridad Regulatoria Nuclear de la Argentina\*

## RESUMEN

*Las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) se basan en un conjunto de principios que reflejan el consenso internacional sobre un paradigma de protección que, a su vez, se fundamenta en sólidas doctrinas éticas. Aunque la ICRP no ha hecho explícita la ética en la que basa sus principios, siempre ha estado muy interesada en la exploración y reevaluación de los valores éticos que fundamentan sus recomendaciones. A través de una descripción de las principales doctrinas éticas de orientación social y de las orientadas hacia el individuo y la formulación de los principios internacionales de protección radiológica, el trabajo presenta una revisión de los fundamentos éticos de dichos principios, concluyendo que existe una correlación directa entre ellos y que todos son aplicables a la protección contra la exposición a la radiación.*

## ABSTRACT

*The recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) are based on a set of principles, broadly accepted over the world. These principles reflect an international consensus upon a paradigm of protection which, in turn, is based on sound ethical doctrines. Although the ICRP has not made explicit the ethic on which their principles are based on, it has always been very interested in exploring and reassessing the ethical values on which its recommendations are founded. Through a description of the main socially and individual oriented ethical doctrines and the formulation of the international principles of radiological protection, the paper reviews the ethical foundations of these principles, concluding that a direct correlation exist and they all are applicable to the protection against the radiation exposure.*

## INTRODUCCIÓN

En 2007, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, en sus siglas en idioma inglés) emitió nuevas recomendaciones sobre la protección de las personas y el medio ambiente contra los posibles efectos nocivos de la exposición a la radiación ionizante, es decir sobre lo que se suele denominar protección radiológica o protección contra la radiación [1]. Estas recomendaciones se basan en un conjunto de principios que reflejan el consenso internacional sobre un paradigma de protección, que a su vez se fundamenta en sólidas doctrinas éticas. El objetivo de este artículo es re-examinar los fundamentos éticos de los principios de protección radiológica de la ICRP.

La normativa internacional de seguridad ha adoptado los principios de protección de la ICRP. Esta normativa incluye

los Principios Fundamentales de Seguridad del sistema de organizaciones relevantes de Naciones Unidas, publicadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA en sus siglas en inglés) [2] y también los requisitos y guías internacionales de seguridad derivados, en particular las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación [3] (que están en este momento siendo revisadas para tener en cuenta las nuevas recomendaciones de la ICRP). La normativa internacional ha convertido a los principios de la ICRP en universales, dado que las convenciones internacionales de seguridad y protección [4, 5] hacen referencia a la normativa internacional basada en esas recomendaciones.

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La antigua noción griega de "ἠθικη", ética (de "ethos", carácter), representa la gnoseología fundamental para juzgar las acciones humanas (originalmente el término ética era casi sinónimo del latín "moralis", costumbre, y del anglo-sajón

---

\*Si bien el autor es el vicepresidente de la ICRP, los puntos de vista en este documento no representan necesariamente la opinión de la ICRP.

"*behave*", comportarse de una manera particular). La ICRP no ha hecho explícita la ética en la que basa sus principios, a excepción de una breve referencia anexa a sus recomendaciones sobre la protección de la población contra la exposición prolongada [6]. A pesar de ello, los miembros de la ICRP han estado (y siguen estando) muy interesados en la exploración y reevaluación de los valores éticos que fundamentan sus recomendaciones. De hecho, han tenido una curiosidad inusual sobre si sus recomendaciones son éticamente correctas y sobre el conjunto de valores que sostienen los principios que rigen esas recomendaciones.

Los elementos éticos de la protección radiológica fueron reconocidos tempranamente por los fundadores de la ICRP. Lauriston S. Taylor, por ejemplo, ya en 1957 declaró que "la protección contra las radiaciones no es sólo una cuestión para la ciencia, sino también para la filosofía y la moral" [7].

Un aumento repentino en el interés de la ICRP sobre la ética surgió después de que se incorporaran en sus recomendaciones "valores sociales", resumidos en el aforismo subjuntivo: "que las dosis sean mantenidas tan bajas como sea razonablemente alcanzable, considerando aspectos económicos y sociales" (simplificado en algunas regulaciones con el acrónimo, en inglés, ALARA, de "*as low as reasonably achievable*"). Esto ocurrió inicialmente en la Publicación 9 [8] y se perfeccionó en la Publicación 22 [9], para ser finalmente elaborados en la Publicaciones 26 [10] y 60 [11].

Importantes miembros de la ICRP abordaron el tema de la ética de la protección radiológica. Bo Lindell lo hizo en su Conferencia *Sievert* sobre el tema de la radiación y el hombre, en el Congreso de 1973 de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA en sus siglas en inglés) [12]. Lauriston S. Taylor aludió nuevamente al tema en su Conferencia *Sievert* sobre influencias no-científicas en las normas y la práctica de protección radiológica en el Congreso IRPA de 1980 [13], y Bo Lindell, de nuevo, en su Conferencia *Lauriston S. Taylor* de 1988 sobre cuán seguro es lo suficientemente seguro. El tema también fue tratado específicamente por el ex Secretario Científico del Comité de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas y miembro de la ICRP, Giovanni Silini, en su Conferencia *Sievert* sobre cuestiones éticas en la protección contra las radiaciones, en el Congreso IRPA de 1992 [14]. Dan J. Beninson se refirió al riesgo de radiación por dosis bajas y a una de las cuestiones éticas más complicadas en el paradigma que recomienda la ICRP, el modelo de una relación lineal dosis-respuesta, en su Conferencia *Sievert* del Congreso IRPA 1996 [15].

Un gran interés en la cuestión se planteó en los países nórdicos [16] y el Instituto Sueco de Protección Radiológica llevó

a cabo un influyente taller internacional sobre ética en el año 2000 [17].

Las últimas décadas del siglo XX fueron decisivas para la ética de la protección radiológica: una saga interesante cuya evolución en este periodo histórico fue descrita exhaustivamente por Bo Lindell en varios libros seminales [18, 19, 20].

Mientras las recomendaciones de la ICRP de 2007 estaban en preparación, su entonces presidente, Roger Clarke, sugirió que las nuevas propuestas fortalecerían los principios de protección individual [21, 22, 23]. Algunos colegas consideraron que los principios de protección social con los que se habían enriquecido las recomendaciones de la ICRP podrían estar en peligro en las nuevas recomendaciones y reflejaron sus preocupaciones en algunos documentos y en una antología sobre la ética y la protección radiológica [24]. Sin embargo, las preocupaciones resultaron infundadas: el marco ético sobre el que se basan los principios de la ICRP no sólo continúa sin cambios, sino que se ha fortalecido en las nuevas recomendaciones.

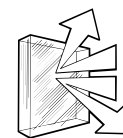
Después de que se publicaran las recomendaciones de la ICRP de 2007, hubo una serie de iniciativas relacionadas con la ética patrocinadas por la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (NEA-OCDE). Estas iniciativas incluyeron talleres de debate sobre los valores científicos sociales que se tienen en cuenta en la formación de políticas de protección radiológica, que tuvieron lugar en Finlandia en enero de 2008 [25] y Francia, en noviembre de 2009 [26].

En paralelo con estas iniciativas, la IRPA formuló obligaciones éticas de los profesionales de la protección radiológica en un *Código de Ética* [27], que está siendo adoptado por la mayoría de las organizaciones profesionales nacionales, cuyo objetivo es ayudar a "los profesionales de protección radiológica en el mantenimiento de un nivel profesional de conducta ética". También la IAEA publicó guías para abordar la difícil cuestión de las consideraciones éticas en la protección del medio ambiente contra los efectos de las radiaciones ionizantes [28, 29] y para el establecimiento de un código de ética para las organizaciones que operan instalaciones nucleares [30].

Dada la rica historia en la evolución de la ética de la protección radiológica y la próxima incorporación de las nuevas recomendaciones de la ICRP en las normativas nacionales e internacionales, el momento es propicio para volver a explorar la base ética de los principios internacionales de protección radiológica.

### **LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS RECOMENDACIONES DE LA ICRP**

Los principios básicos de las recomendaciones de la ICRP pueden ser formulados escuetamente de la siguiente manera:



• **Principio de justificación** (de las acciones que pueden alterar los niveles de radiación): Cualquier decisión que modifique la situación de exposición a la radiación debe producir más beneficio que daño. Esto significa que mediante la introducción de nuevas fuentes de radiación o la intervención para reducir exposiciones existentes (sean estas preexistentes o causadas por situaciones imprevistas), debe lograrse suficiente beneficio individual o social como para compensar el daño que tales acciones pueden causar.

• **Principio de optimización** (de la protección radiológica): La probabilidad de recibir exposiciones a la radiación, el número de personas expuestas, la magnitud de las dosis individuales y de los riesgos esperados, deben mantenerse tan bajo como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores sociales y económicos. Esto significa que el nivel de protección debe ser el mejor en las circunstancias existentes, maximizando el margen de beneficio sobre daño.

• **Principio de protección individual** (de los individuos expuestos): Las dosis recibidas por las personas deben restringirse de manera que se impidan las posibles inequidades individuales que podrían ocasionar la implementación de los principios de justificación y optimización. Esto significa que se deben aplicar límites a las dosis totales recibidas por los individuos y restricciones a las dosis de los individuos ocasionadas por una fuente de radiación particular. Además, cuando estas limitaciones no sean factibles se deben utilizar niveles de referencia que aseguren una restricción adecuada de las dosis individuales.

Los tres principios fundamentales arriba enunciados integran valores de prudencia que abarcan a la protección de las generaciones futuras y de su hábitat. Estos valores se podrían formular como otro principio *de facto*, a saber:

• **Principio de prudencia intergeneracional:** Los principios de protección radiológica son extensibles a la vida de todos los seres humanos, independientemente de donde y cuando vivan, significando que a todos los seres humanos, presentes y futuros, así como a su hábitat, se les debe aportar un nivel de protección, al menos, igual que el nivel previsto para las poblaciones de la sociedad que ha causado las necesidades de protección.

Los principios de la ICRP se aplican a todas las situaciones imaginables de exposición a la radiación. Estas situaciones han sido caracterizadas por la ICRP como: *situaciones planificadas*, de *emergencia* y *existentes*. Las situaciones planificadas se refieren a circunstancias relacionadas con la introducción y la operación previsible

de fuentes de radiación que puedan causar exposición a las personas. Las situaciones de emergencia se refieren a circunstancias inesperadas de exposición, tales como condiciones accidentales que puedan ocurrir durante una situación *planificada*, o a raíz de una acción malévolamente con fuentes de radiación y que requieren protección urgente. Las *situaciones existentes* se refieren a circunstancias de exposición a la radiación que ya existen cuando se deben tomar decisiones sobre el control de la exposición, por ejemplo, las situaciones de exposición a la radiación natural de fondo.

Se debe destacar finalmente que los principios de la ICRP fueron formulados originalmente para hacer frente a la protección contra exposiciones ciertas, es decir, contra exposiciones que se espera se producirán con un alto grado de certeza. Sin embargo, estos principios pueden ser usados, *mutatis mutandi*, en situaciones de exposición potencial, es decir, en situaciones donde no existe aún una exposición real, pero que tienen la capacidad de convertirse en situaciones de exposición real en el futuro. Es decir, los principios de la ICRP se pueden utilizar no sólo para la protección radiológica, sino también para lo que suele denominarse seguridad radiológica y seguridad nuclear. Las propuestas de criterios de seguridad fundados en los principios subyacentes de la ICRP fueron sugeridas hace tiempo por el autor [31, 32, 33]. En 1993, la ICRP recomendó un marco conceptual para la protección contra la exposición potencial [34] y, en 1997, recomendó como aplicar a fuentes de radiación seleccionadas el marco conceptual para la protección frente a riesgos potenciales [35]. Las nuevas recomendaciones de la ICRP han incorporado en sus principios de protección radiológica los elementos de seguridad para las exposiciones potenciales.

## DOCTRINAS ÉTICAS

Las doctrinas éticas tienen una larga evolución histórica. Se han basado fundamentalmente en la especulación filosófica y también en pensamientos religiosos. Con el tiempo se ha producido una convergencia social hacia algunas doctrinas éticas, como las que se resumen a continuación, en un orden arbitrario, y de manera esquemática, simplista y estereotipada\*:

\*La intención no es describir estas doctrinas en beneficio de los especialistas en ética, sino para radio-proteccionistas y otros profesionales relacionados con la radiación. La esquematización excesiva puede ser ignorada debido a que este artículo se limita a proporcionar una base ética elemental a los cuatro principios de la protección radiológica, la justificación, la optimización, la limitación, y la prudencia.

- la **ética teleológica** (o *ética de la consecuencia*), que se expresa simplificada con el aforismo “el fin justifica los medios”;
- la **ética utilitarista** (o *ética de la eficacia*), que se expresa simplificada con el aforismo “hacer el mayor bien para el mayor número de personas”;
- la **ética deontológica** (o *ética del deber*), que se expresa simplificada con el aforismo “no hagas a los demás lo que no quieres que te hagan a ti” (o con el dogma religioso “el mandamiento de Dios se resume en este precepto: cuida a tu prójimo como a ti mismo”) y,
- la **ética aretaica** (o *ética de la virtud*), que se expresa simplificada con el aforismo “haz el bien aunque no sea reintegrable”.

Las éticas teleológica y utilitarista pertenecen a la familia de éticas de orientación social. Las éticas deontológicas y aretaica pertenecen a la familia de éticas orientadas hacia los individuos. En relación con la protección, las éticas teleológica y utilitarista tendrían por objeto la protección de la sociedad en su conjunto, mientras que las éticas deontológicas y aretaica estarían más centradas en valores de protección individual.

### **Ética Teleológica y Protección**

La ética teleológica (del griego *τελος*, fin) se refiere generalmente como una ética consecuencialista, ya que sostiene que las consecuencias de una forma de acción particular son la base de cualquier juicio moral sobre la validez de la acción. Tiene sus raíces en antiguos pensadores pero no floreció hasta el Renacimiento, cuando Nicolás Maquiavelo, en su libro “El Príncipe”, sostuvo que los gobernantes (¿incluyendo los modernos tomadores de decisiones relacionadas con la radiación?) deben ser consecuencialistas [36].

La teleología relacionada con la protección sostendría que las consecuencias de una acción relacionada con la protección son las determinantes para juzgar si tal acción es buena o mala. Por lo tanto, los resultados generales (o consecuencias) de las acciones relacionadas con la protección, serían éticamente correctas solo si producen un buen resultado o consecuencia, es decir, que el bien absoluto para la sociedad resultante de la acción relacionada con la protección supere al mal absoluto que se ocasionaría sin ella.

### **Ética Utilitarista y Protección**

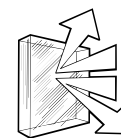
La ética utilitarista se basa en el principio de maximización del bien. Si bien tiene sus raíces en filósofos grie-

gos como Parménides y Epicuro, el utilitarismo es una evolución moderna de la teleología absolutista. Se articula en los escritos seminales de Jeremy Bentham y John Stuart Mill en el siglo XIX [37, 38]. Lamentablemente, el utilitarismo ha sido distorsionado por la percepción de que aprobaría al hedonismo como una teoría de valor. Sin embargo, el credo básico del utilitarismo sostiene que las acciones son justas en la medida en que tienden a maximizar el bien, y su fin último no debe ser considerado ni masoquista ni hedonista. El utilitarismo es también conocido como el principio de máxima bondad. La utilidad es el bien que se maximiza. Por definición, entonces, el utilitarismo requeriría en primer lugar una teleología positiva y luego un enfoque diferencial para maximizar los buenos resultados entre las distintas opciones de acciones.

En relación con la protección, el utilitarismo afirmarí que el valor moral de cualquier acción de protección se determina únicamente por la maximización de utilidad general: es decir, que la acción debe conducir a los mejores resultados en las circunstancias imperantes. Por lo tanto, puede considerarse como una complementación diferencial de la ética teleológica aplicada a la protección: el valor moral de cualquier acción de protección vendría determinado por la maximización diferencial de los resultados positivos que tal acción conlleva y que eran una precondition teleológica. En resumen, la ética de protección orientada a la sociedad se daría mediante el siguiente orden lógico: la teleología garantizaría el beneficio total positivo de las acciones relacionadas con la protección y el utilitarismo la maximización de ese beneficio mediante la mejor opción de protección.

### **Ética Deontológica y Protección**

La ética deontológica (del griego *δεον*, deber) determina la bondad de las acciones en su valor propio, definido como el deber, en lugar de sus consecuencias o utilidad [39]. La deontología tiene sus raíces en las filosofías antiguas y también en los pensamientos religiosos, particularmente los de las religiones abrahámicas. Se benefició de la inmensa contribución del filósofo Immanuel Kant [40], quien argumentó que para actuar de forma éticamente correcta, se debe actuar de acuerdo a deberes morales y que la ética de las acciones humanas no podía basarse en las consecuencias o la utilidad de esas acciones sino en esos deberes. Tuvo que hacer frente,



sin embargo, a problemas creados por el deber 'in extremis', los que se resumen en una hipérbole famosa: "Es mejor que todo el pueblo perezca a que la injusticia se haga". Una respuesta plausible a este dilema hiperbólico es lo que suele llamarse "deontología umbral", que sostiene que los principios deontológicos deben regir hasta un punto, a pesar de consecuencias adversas o de utilidad negativa, pero cuando las consecuencias de la acción se vuelven tan graves y la utilidad tan negativa, que se cruza el umbral establecido, la teleología y el utilitarismo deben prevalecer [41].

Las doctrina deontológica converge en lo que suele denominarse la "teoría del comando divino", que afirma dogmáticamente que una acción es éticamente aceptable solo si Dios ha decretado que es la correcta [42]. Las religiones abrahámicas son monoteístas y sostienen [Génesis 1:26, 27 y 9:6] que los seres humanos son 'espejos' de su Dios único y verdadero (en hebreo: *elohim tzelem*, literalmente "imagen de Dios", a menudo descrito en latín como *imago Dei*). Este concepto afirma que los seres humanos son creados a imagen de Dios y por lo tanto tienen un valor inherente, al margen de motivos teleológicos o de utilidad. Este principio es particularmente enfático en el cristianismo [Rom. 8:29; I Cor. 11:07; II Cor. 3:18; II Cor. 4:4; Col. 1:15, Col. 3:10, Santiago 3:9], pero no en el Islam, donde el hombre no parece ser considerado como hecho a imagen de Dios [Corán 42:11]. No es sorprendente que la ética occidental adoptase un enfoque deontológico, antropocéntrico e individualista.

En relación con la protección, la deontología consideraría que una medida de protección es éticamente correcta si es respetuosa del deber fundamental de proteger a cada ser humano, incluso si produjeran consecuencias negativas o fuera de utilidad negativa para la sociedad. La protección sería "buena en sí misma" si es intrínsecamente buena para la persona protegida, independientemente de si es buena o útil para la sociedad en su conjunto. Por otra parte, se podría además colegir que la ética deontológica considera a la persona protegida como una persona real, contemporánea de la acción protectora, en lugar de un individuo ideal ulterior que podría o no existir.

### **Ética Aretaica y Protección**

El helenismo *aretaica* se deriva del término griego *αρετη*, que quiere decir excelencia o virtud. La ética are-

taica se asocia a las acciones virtuosas o de excelencia. Esta doctrina ética no está en principio ligada a las nociones de consecuencia o utilidad de las acciones o del cumplimiento de deber. *Arete* en la cultura griega antigua incluía los conceptos de *φρόνησις* (*phrónesis*) y *εὐδαιμονία* (*eudaimonia*): el primero sirvió de base para el concepto de precaución, un valor esencial del mundo actual [43]; el segundo representa el concepto de bienestar común para todos. La ética aretaica es conocida en el mundo moderno como *ética de la virtud*, ya que hace hincapié en las virtudes de las acciones, en contraste con las consecuencias, utilidad o deber. Sostiene que la virtud debería ser el punto focal para juzgar la ética de una acción. Sus fundadores son Platón y Aristóteles (aunque tiene raíces aún más antiguas en la filosofía china) y se mantuvo como el enfoque dominante en la filosofía moral occidental por lo menos hasta la Ilustración, volviendo a emerger en la mitad del siglo pasado. Se desarrolló en la sabiduría práctica que se deriva de *Νικομαχείων*, el pensamiento nicómaco de Aristóteles que resume en la virtud los pensamientos prácticos de prudencia y precaución en las acciones [44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51].

Una dificultad del enfoque aretaico en la protección es que su objetivo ético parece ser demasiado exigente. El virtuosismo aretaico aplicado a la protección, sostendría que, por una parte, la teleología y el utilitarismo desprecian el desarrollo y la importancia del carácter virtuoso en la toma de decisiones de protección y que, por otra parte, la doctrina deontológica no compensa esta falta porque es individualista y fundamentalmente egoísta. Por consiguiente, ni las consecuencias, ni la utilidad relacionadas con la protección, ni las acciones de protección exclusivamente individualistas, en sí mismas, tienen un contenido ético suficiente, a menos que se complementen con virtudes tales como responsabilidades benevolentes hacia nuestros descendientes y su hábitat. Para el virtuosismo la protección debería ser principalmente igualitaria y comprender no sólo a los contemporáneos de los *protectores*, sino también a las generaciones venideras y a su hábitat.

### **Dilemas Éticos**

Las decisiones de protección pueden conllevar dilemas resultantes de responder al imperativo ético de una u otra doctrina ética. Esto puede traer conflictos morales a los tomadores de decisiones de protección (es decir a los *protectores*). Por ejemplo un *protector*, confrontado a una situación de protección en la que podría haber razones para

actuar de acuerdo a dos éticas diferentes, pero hacer ambas acciones podría enfrentarle a un serio dilema moral. Las características fundamentales de estos dilemas morales ocurren cuando el *protector* se impone a sí mismo aplicar cada una de las medidas de protección y puede aplicar cada una de las acciones, pero no puede aplicar las dos (o todas las) acciones. El *protector* parece entonces condenado al fracaso moral (no importa lo que haga, ya que lo hará mal, o no haría algo que debería hacer). Este documento demostrará más abajo que los dilemas morales relacionados con la protección se han resuelto en protección radiológica a través de la integración de todas las doctrinas éticas prevaletientes en el sistema de principios de protección radiológica.

### LOS PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y LAS DOCTRINAS ÉTICAS

#### Justificación y Teleología

La base del principio de justificación en la ética teleológica es evidente, ya que sostiene que cualquier decisión que altere la situación de exposición a la radiación debe hacer más bien que mal, es decir, sus consecuencias deben ser positivas, lo que corresponde directamente a los requerimientos de la doctrina teleológica del consecuencialismo (Figura 1).

Sería de esperar que la justificación y la teleología especificaran los estados de cosas que son intrínsecamente valiosos: es decir, que especificaran el *bien*. Se estaría entonces en condiciones de afirmar si las decisiones que alteran la situación de exposición a la radiación, aumentan el bien y, por tanto, son acciones que es éticamente correcto hacer y ejecutar. Tanto los practicantes de la ética teleológica, como los profesionales de la protección radiológica, probablemente difieran en los términos de especificación del bien: algunos pueden ser monistas y negar la existencia de una distinción o dualidad del bien, identificándolo simplemente con "el bienestar", pero otros pueden ser pluralistas y reconocer más de un principio teleológico último. El principio de justificación de la ICRP se basa en el concepto pluralista, apoyando el principio de que la forma en que el bien se distribuye entre las personas (o sea entre todos los seres que sienten) es una parte constitutiva del bien. Se trata de un principio igualitario, que va más allá de la doctrina consecuencialista convencional. Puede haber diferencias acerca de aquello en lo que consiste el bien, pero hay acuerdo en que las decisiones moralmente correctas entre las que alteran la situación de exposición a la radiación son aquellas que aumentan el bien. Por otra parte, en general se considera que el bien debe ser "agente neutral", es decir, que los beneficios deben ser alcanzables por todos los involucrados.

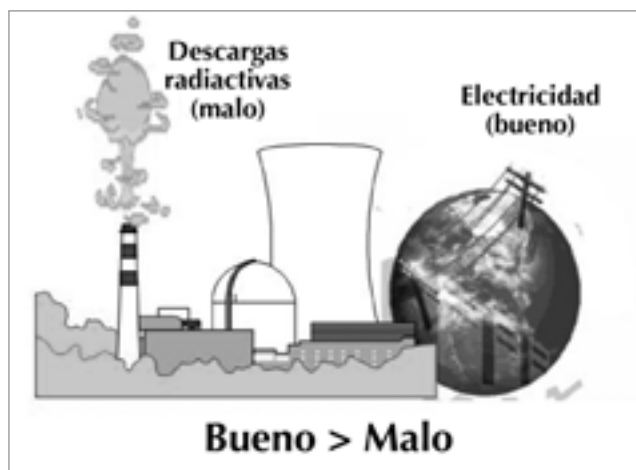


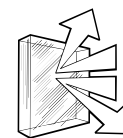
Figura 1. Principio de justificación en protección radiológica

Es de señalar que la aplicación de la justificación y, por tanto, la ética teleológica, sobre las acciones que puedan alterar la situación de exposición a la radiación debe ser hecha dentro de una actitud autocrítica por varias razones:

- Por su exigencia extrema, ya que todas las acciones son al parecer o necesarias o prohibidas, un enfoque que podría ser considerado profundamente alienante y tal vez intelectualmente modesto.
- Por lo que al parecer permite, dado que, mal interpretado, puede ser visto como permisivo de la muerte de inocentes a causa de la falta de protección, o de la privación de bienes sociales debido a una protección excesiva.
- Por las posibles consecuencias de las acciones de protección, dado que puede concebiblemente justificar cualquier tipo de acción, no importa cuán dañina sea para algunos.
- Por la poca o ninguna orientación que da sobre las consecuencias de las acciones en el futuro lejano.

No obstante, la ICRP ha tenido en cuenta estas críticas a la teleología pura y las ha corregido en sus recomendaciones. De hecho, un problema con la justificación es que cuando se considera el bien y el mal, estos no se limitan a los asociados con exposición a la radiación, dado que de las acciones se derivan beneficios y perjuicios no relacionados con la radiación. Por lo tanto la justificación va mucho más allá del alcance de la protección radiológica. Es por estas razones que el principio de justificación de la ICRP requiere que el beneficio *neto* relacionado con la radiación sea positivo, por lo que la doctrina se convirtió de hecho en una doctrina consecuencialista diferencial, expresando una teleología sutilmente diferente a la teleología convencional. La lógica es clara: la búsqueda de la mejor de todas las alternativas disponibles entre los que cambian la situación de exposición a la radiación es una tarea que





va más allá de la responsabilidad de los profesionales de la protección radiológica.

Hay dos enfoques diferentes para la aplicación del principio de la justificación en situaciones de exposición. El primer enfoque se utiliza en la introducción de nuevas actividades que involucren exposición a la radiación y de las que se espera un beneficio derivado de esa introducción y también un detrimento relacionado con la elevación de los niveles de exposición a la radiación. La aplicación del principio de justificación a estas situaciones requiere que ninguna situación de exposición planificada deba introducirse, salvo que produzca suficiente beneficio neto a los individuos expuestos, o a la sociedad en su conjunto, como para compensar el perjuicio que causa la radiación.

El segundo enfoque se utiliza cuando la exposición ya existe pero puede ser reducida mediante una intervención con medidas protectoras. Estas medidas pueden reducir el detrimento debido a la radiación pero también introducir una serie de daños sociales derivados de su aplicación (algunas medidas, tales como el desalojo de un territorio ligeramente contaminado, pueden ser muy dañinas desde un punto de vista social). Los principales ejemplos de este segundo enfoque son las situaciones de exposición existente y las situaciones de emergencia. En estas circunstancias, el principio de justificación se aplica en la toma de decisión sobre si tomar o no medidas para reducir la exposición, medidas que, al tener siempre algunas desventajas, deben justificarse en el sentido de hacer más bien que mal.

En ambos enfoques, la responsabilidad de juzgar la justificación es de los Gobiernos y, generalmente, se ejerce a través de las agencias reguladoras. Es una responsabilidad gubernamental insoslayable garantizar el beneficio general, en el sentido más amplio, a la sociedad en su conjunto y no necesariamente para cada individuo. Sin embargo, la decisión de la justificación puede incluir muchos aspectos que podrían ser de interés fundamental para los afectados u otras organizaciones o personas fuera del Gobierno. Como tal, las decisiones de la justificación a menudo se informan mediante un proceso de consulta pública. Hay muchos aspectos en la justificación, pudiendo diferentes organizaciones estar implicadas y tener responsabilidades. En este contexto, las consideraciones de protección radiológica servirán como una aportación a un proceso más amplio de adopción de la decisión definitiva.

Cabe señalar que, en las normas internacionales, el principio de la justificación es más que un principio teórico declarativo de la ética teleológica. En las actuales normas internacionales de protección radiológica [3] una serie de prácticas se consideran injustificadas. Por ejemplo, se

considera injustificada la adición deliberada de sustancias radiactivas en mercancías o productos de consumo así como en los alimentos, bebidas, cosméticos o cualquier otro artículo o producto destinados a la ingestión, inhalación o incorporación percutánea. También se consideran injustificadas las prácticas que impliquen el uso frívolo de radiación o sustancias radiactivas en productos como juguetes y artículos de joyería o adornos personales.

La justificación de la exposición médica de pacientes es más compleja y exige enfoques diferentes y más detallados. Mientras que el uso médico de la radiación debe ser justificado, la justificación se decide más a menudo en el ámbito de la profesión médica que en el Gobierno o con normas reglamentarias. La responsabilidad de la justificación de la utilización de un determinado procedimiento recae en los profesionales médicos pertinentes, y no en los profesionales de la protección radiológica. La justificación de los procedimientos médicos, sin embargo, sigue siendo parte de la aplicación de la ética teleológica a la protección radiológica. Por ejemplo, los exámenes radiológicos para uso como cobertura legal no están justificados. Más aún, el cribado de grupos de población que implique exposiciones médicas también es, en principio, injustificado. Las exposiciones médicas también incluyen la exposición de los seres humanos para la investigación médica, la cual se considera injustificada a menos que se ajuste a las disposiciones de la Declaración de Helsinki [52] y, específicamente, a marcos éticos como los del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias de la Medicina [53] y de la Organización Mundial de la Salud [54].

Pero los principios de la ICRP van más allá y requieren la búsqueda de la mejor de todas las opciones de protección disponibles, la que es, quizás, la tarea más importante de los profesionales de la protección radiológica, siendo aquí donde la ética utilitarista encuentra su papel como puede verse a continuación.

### **Optimización y utilitarismo**

El principio de optimización se deriva de la ética utilitarista. El proceso de optimización se destina a la protección en aquellas situaciones que han sido consideradas como justificadas, es decir éticas desde un punto de vista teleológico. El principio se aplica a todas las situaciones de exposición caracterizadas por la ICRP: planificadas, de emergencia y existentes.

La protección a través del utilitarismo puede ser caracterizada como un enfoque cuantitativo y reduccionista de la ética. En el uso general, el término utilitario se refiere a un punto de vista un tanto estrecho, fundamentalmente económico (útil o práctico más que atractivo). Los utilitaristas,

en contraste con los teleólogos, sostienen, en general, que la selección de la opción de protección debe contribuir a que el beneficio no sólo sea positivo sino que sea además maximizado, pero comparten con los teleólogos la visión ética societaria más que individualista. Sin embargo, la ICRP considera el utilitarismo con una visión mucho más amplia y holística. Postula por ejemplo que los derechos individuales de protección no sean violados y se mantengan. Este tipo de utilitarismo ha sido calificado por los especialistas en ética como “el utilitarismo de los derechos” [55]. Esta última posición implica que la ética utilitarista de la protección puede ser limitada con principios deontológicos. Esta es la razón por la cual, en las recomendaciones de la ICRP, el principio de optimización conlleva una restricción a la magnitud de la dosis y el riesgo individuales (véase más adelante).

La ICRP ha proporcionado recomendaciones sobre la manera de aplicar el principio de optimización en el manejo de variables aparentemente irreconciliables como la maximización de beneficios dentro de restricciones deontológicas [9, 56, 57, 58, 11]. Con el fin de racionalizar este proceso se sugiere el uso de la adopción de las llamadas técnicas de ayuda para la toma de decisiones, las cuales pueden facilitar encontrar opciones de protección de una manera objetiva. Estas técnicas incluyen métodos cuantitativos de optimización como el análisis de coste-beneficio (Figura 2).

La optimización está siempre encaminada a lograr el mejor nivel de protección dentro de las circunstancias existentes a través de un proceso continuo e iterativo que incluye: la evaluación de la situación de exposición, la selección de un valor adecuado para las restricciones a las dosis individuales que impone el utilitarismo de los derechos, la identificación de las opciones de protección factibles, la selección de la mejor opción en las circunstancias existentes y la aplicación de la opción seleccionada.

La experiencia ha demostrado que la aplicación de la optimización ha mejorado la protección, lo que en las últimas décadas se ha traducido en una reducción sustancial de la exposición ocupacional y pública. Las restricciones de dosis individuales proporcionan una cota superior deseada para el proceso de optimización. En todas las situaciones, el proceso de optimización con el uso de restricciones se aplica en la planificación de acciones de protección y establece el nivel adecuado de protección bajo las circunstancias existentes. Las dosis que deben compararse con las restricciones son por lo general prospectivas, es decir, pueden ser recibidas en el futuro; las restricciones no se deben considerar como una forma de limitación de dosis retrospectiva.

Desde un punto de vista ético subjetivo, la optimización puede ser caracterizada como una actitud interna, siempre

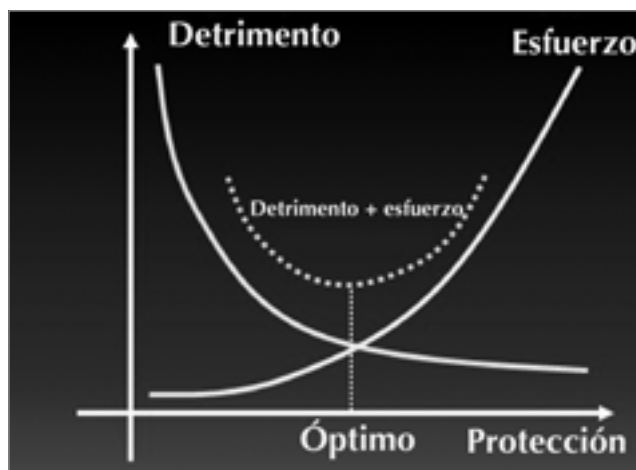


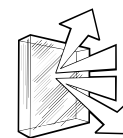
Figura 2. Principio de optimización en protección radiológica

preguntándose si se ha hecho lo mejor en las circunstancias existentes y si se ha hecho todo lo que es razonable para reducir las dosis de radiación. Por ello, la optimización exige un compromiso en todos los niveles de decisión en protección radiológica.

Más aún, la optimización es un proceso iterativo que debe tener en cuenta tanto la evolución técnica como la socio-económica futura y requiere juicios cualitativos y cuantitativos. El proceso de optimización debe ser sistemático y cuidadosamente estructurado para asegurar que todos los aspectos relevantes sean tomados en cuenta. La mejor opción es siempre específica de la situación de exposición y representa el mejor nivel de protección que se puede lograr en las circunstancias imperantes. Por lo tanto, no es relevante para determinar deontológicamente, a priori, un nivel de dosis por debajo del cual el proceso de optimización debe detenerse. Dependiendo de la situación de exposición, la mejor opción podría estar cerca o muy por debajo de los niveles apropiados de restricción de dosis.

La optimización no debe ser considerada un sinónimo de minimización de la dosis, sino el resultado de una evaluación con arreglo a la ética utilitarista restringida con principios deontológicos, que equilibra cuidadosamente los detrimientos sociales de la exposición y los recursos sociales disponibles para la protección, a diferencia de afirmar que en todas las actividades se deben gastar todos los recursos disponibles en la protección contra la radiación. Por lo tanto la mejor opción de protección, la opción óptima, no es necesariamente la que proporciona la dosis más baja.

Para maximizar el bien, la optimización también considera el número de individuos expuestos además de la magnitud de las exposiciones individuales. Es por eso que la dosis colectiva es un parámetro clave para la optimización. También puede



considerar la probabilidad de que se reciban las exposiciones [59]. La comparación de opciones de protección para el fin de optimización implica una cuidadosa consideración de las características de la distribución de la exposición individual dentro de una población expuesta. Sin embargo, las recomendaciones de la ICRP reconocen que tanto las dosis individuales como el tamaño de la población expuesta son cada vez más inciertos a medida que pasa el tiempo, y sostienen que en la toma de decisiones, debido a la creciente incertidumbre, se podría dar menos peso a las dosis muy bajas y a las que hipotéticamente podrían ser recibidas en un futuro lejano.

Los procesos de la ética utilitarista no pueden ser fácilmente regulados y, por tanto, todos los aspectos de optimización no están necesariamente codificados en los reglamentos. Por el contrario, la práctica es fomentar el compromiso de todos los actores de la protección para el proceso de optimización.

Los valores sociales por lo general influyen en la decisión final sobre el nivel óptimo de protección radiológica. Por tanto, el proceso de optimización se considera generalmente como una herramienta de ayuda para la toma de decisiones, basada principalmente en consideraciones ético-científicas. La ICRP recomienda que el resultado del proceso de optimización debe servir como dato de entrada a un proceso de toma de decisiones final y, por lo general, más amplio, que incluya otras preocupaciones de la sociedad y diferentes consideraciones éticas, así como la contemplación de la transparencia. Esta toma de decisiones puede incluir la participación de las partes interesadas, además de los especialistas en protección radiológica y en ética.

### Limitación individual y Deontología

La ética deontológica impone deberes, que deben ser considerados inherentemente buenos con o sin la justificación de las acciones que aumentan o reducen la exposición o la optimización de la protección. Para la deontología ni las últimas consecuencias sociales de las acciones de protección ni los resultados concretos de protección social son importantes en sí mismos. Sólo el acto de la protección del individuo, sin tener en cuenta otras consideraciones, es de por sí importante en la ética deontológica. La protección basada en la deontología es, en última instancia, normativa respecto de cuales son las restricciones individuales que son éticamente

necesarias, prohibidas o permitidas. En otras palabras, la deontología de la protección radiológica está comprendida en el dominio de las teorías éticas que orientan y evalúan las opciones de lo que debe hacerse para proteger a los seres humanos, sin tener en cuenta otras consideraciones.

Sin embargo, la compatibilidad con la teleología y el utilitarismo exige que la deontología relacionada con la protección no sea deontología *in extremis* sino una deontología *umbral*. El objetivo deontológico debe regir, a pesar de consecuencias adversas o de utilidad hasta un punto, hasta una restricción individual de dosis, pero, por debajo de dicho límite, las consecuencias (justificación) y la utilidad (optimización) se hacen cargo de las decisiones éticas. La cuestión ética de la optimización por debajo de límites individuales adecuados ha sido específicamente discutida en foros ético-religiosos [60].

El modo más tradicional de la clasificación de la ética deontológica y, por tanto, de la protección deontológica, es dividirla entre centrarla en el agente, o fuente del origen de la exposición a la radiación, o en la víctima, o sea en el individuo expuesto [61, 62].

En función de las circunstancias, la ICRP clasifica a las restricciones individuales como: *límite*, *restricción* o *nivel de referencia*. Es decir, que para la ICRP, el cumplimiento de los objetivos de protección deontológica debe lograrse a través de tres conceptos interrelacionados: (i) la limitación de dosis (y riesgos) individuales, que está centrado en la víctima o individuo expuesto, (ii) restricciones de las dosis

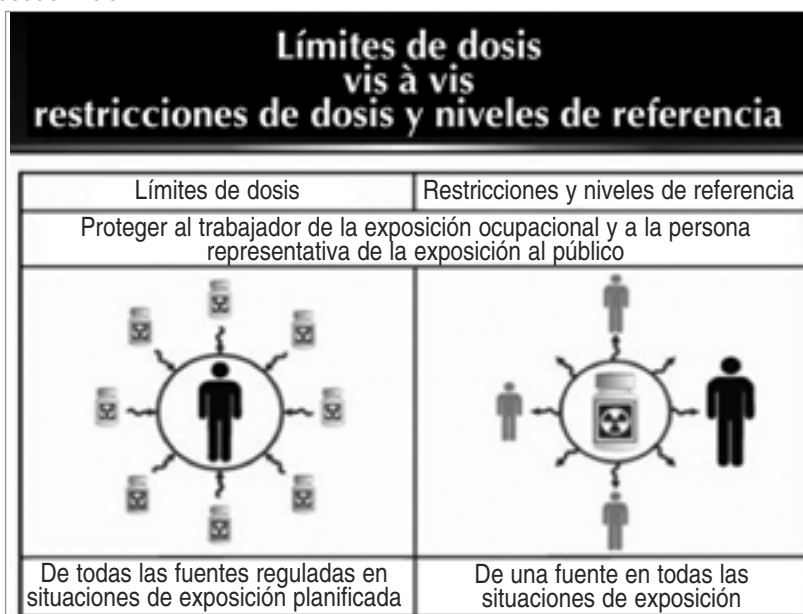


Figura 3. Principio de protección individual en protección radiológica (límites y restricciones de dosis)

(y riesgos) debidos a una fuente específica y (iii) niveles de referencia de dosis (y riesgo) en situaciones de emergencia o existentes, los que, si bien son aplicables al individuo, están centrados fundamentalmente en el agente o fuente de radiación (Figura 3).

Para el propósito de la aplicación de la protección deontológica relacionada con el agente, la ICRP define al agente, fuente de exposición, como una entidad para la cual se puede optimizar la protección radiológica como un todo integral y a la víctima como una persona idealizada que sea representativa de los individuos expuestos para efectos de su protección [63, 1].

En relación con la protección relacionada con el agente o fuente, no son tanto los deberes y obligaciones los que dan motivos para la acción protectora. Debería siempre haber razones objetivas para la protección deontológica relacionada con el agente, pero podría haber razones subjetivas que forman el núcleo de las explicaciones psicológicas de algunas medidas de protección deontológica con respecto al agente. Por lo tanto, para la obligación de protección de una fuente en particular, la ICRP usa los conceptos de restricción de dosis y de nivel de referencia como las restricciones deontológicas relacionadas con el agente causante de las dosis individuales, que sirven como restricciones al proceso de optimización. Las restricciones se utilizan en situaciones de exposición planificadas y los niveles de referencia se utilizan para la emergencia y para exposiciones existentes. La ética deontológica requiere que los niveles de restricción y de referencia siempre tienen que ser definidos a priori. La intención deontológica sería que la fuente permaneciera en estos niveles, y la ambición utilitarista es reducir todas las dosis y el riesgo a niveles más bajos de acuerdo a las circunstancias existentes utilizando la optimización. El valor elegido para una restricción o un nivel de referencia dependerá de las circunstancias de la exposición en estudio. También debe tenerse en cuenta que las restricciones y niveles de referencia son simplemente restricciones deontológicas, pero no representan una demarcación entre "seguro" y "peligroso" ni reflejan un cambio significativo del nivel de riesgo para la salud de las personas.

### **Protección intergeneracional y del hábitat y aretaicismo (o virtuosismo)**

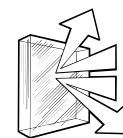
El enfoque de protección de la ICRP reconoce que las fuentes de radiación están interrelacionadas entre sí y pueden conducir a dosis y riesgos de radiación a individuos, a grupos de individuos y a poblaciones enteras, que habiten tanto en el presente como en el futuro. Para estas situaciones, la ICRP ha recomendado un principio ético fundamentalmente

aretaico: garantizar la protección a las generaciones futuras. Fundamentalmente, este principio se aplica al caso de las descargas de materiales radiactivos en el medio ambiente. Si las descargas se producen a una velocidad constante, la máxima dosis anual "per cápita" en el futuro para la población específica será igual al compromiso de dosis de un año de práctica. Si la actividad que causa los vertidos se mantiene sólo durante un período de tiempo, el máximo anual de dosis "per cápita" en el futuro será igual a al compromiso de dosis truncado al tiempo de duración de la práctica. Por tanto, la protección de las personas en el futuro está garantizada mediante la limitación de la integral, a tiempo infinito, de la tasa de dosis por habitante debido a un año de la actividad planificada que causa los vertidos al ambiente que podrían exponer a las poblaciones futuras.

La protección radiológica del medio ambiente también ha sido considerada por la ICRP. Si bien la ética aplicable a la protección ambiental es un tema de discusión académica contemporánea (ver más abajo), es obvio que requiere consideraciones que van más allá de las éticas teleológica, utilitarista o deontológica y se acerca a los principios de la ética aretaica. Pero, sobre todo, requiere un alejamiento del pensamiento antropocéntrico, históricamente asociado con la ética deontológica.

El antropocentrismo ha estado *de facto* en las raíces del pensamiento ético aplicado a la protección en general y a la protección radiológica en particular. Las doctrinas éticas se centran en el comportamiento ético de los seres humanos en relación con la protección de otros seres humanos. Pocas veces se ocupan de la protección del hábitat humano y cuando lo hacen, en última instancia, es para la protección de los seres humanos y no por la protección del hábitat per se. Es así que, como era de esperar, la ética relacionada con la protección ha sido fundamentalmente antropocéntrica.

La preocupación ética por el medio ambiente es un fenómeno relativamente nuevo. Hay que reconocer que hasta hace poco la palabra *medio-ambiente* en sí misma estuvo ausente en el lenguaje normal. El término se deriva de la palabra del francés antiguo, de "en + viron", circuito, entorno y, en sentido estricto, se refiere al entorno de un objeto. Últimamente ha evolucionado en el sentido de los alrededores o condiciones en las que una persona, animal o planta vive o trabaja y, más recientemente, se equipara con el mundo natural, especialmente afectado por la actividad humana. Sin duda, llevará tiempo desarrollar doctrinas éticas integrales sobre este concepto relativamente moderno, aunque el aretaicismo puede ser un buen comienzo. En los últimos años, se han estado desarrollando dos enfoques éticos fundamentales para



la protección del medio ambiente, uno biocentrista y el otro ecocentrista [28].

Dado que la protección del medio ambiente se está convirtiendo en un problema social nuevo, su substanciación ética se está explorando no sólo en los círculos académicos seculares [64], sino también en encuentros religiosos. Recientemente, bajo el lema "no todo lo que es técnicamente posible es moralmente aceptable" la Comisión Bilateral de la Santa Sede y el Gran Rabinato de Israel han emitido una declaración que incluye consideraciones éticas para la protección del medio ambiente [65]. Reconociendo las tensiones entre los movimientos ecologistas seculares y las perspectivas religiosas, la declaración hizo hincapié en que "la enseñanza bíblica ve a la naturaleza como dotada de santidad que fluye desde el Creador". De acuerdo con este punto de vista ético, es el Creador el que, en la cumbre de su creación inherentemente buena, ha cargado a la humanidad con la obligación de custodia responsable del medio ambiente (Gn 1,31 & 2,15). En consecuencia, mientras que el Creador ha dado a la humanidad libertad y autonomía para desarrollar y promover los recursos naturales (Salmo 115:16), estos desarrollos siempre deben ser expresados de manera que respeten la soberanía divina del Universo (Salmo 24:1). Por lo tanto, la necesidad esencial para la sociedad sería reconocer la dimensión trascendente de la Creación, que es fundamental para garantizar el desarrollo sostenible y el progreso de una manera éticamente responsable. Es desde este punto de vista religioso (fundamentalmente abrahámico), como la tradición antropocéntrica, que le da la dignidad única al ser humano, no debe ser entendida en términos de dominio, sino en términos de respeto y solidaridad y el aspecto ético de la intervención humana en el orden natural se encuentra en la limitación del poder de la ciencia y su pretensión absolutista. Estos aspectos pueden ser reunidos desde el principio si la naturaleza se considera en el sentido de la humanidad y el medio ambiente, siendo este último considerado como el hábitat de la humanidad.

La cuestión de la protección del medio ambiente contra la radiación ya se había discutido en la *Conferencia internacional sobre la protección del medio ambiente contra los efectos de la radiación ionizante*, que se celebró en Estocolmo en octubre de 2003 [29]. En ese encuentro, muchos expresaron su escepticismo sobre una declaración de la ICRP, contenida en su Publicación 60 [11], de que la protección del hombre implica automáticamente la protección del medio ambiente. Sin embargo también se reconoció que, aunque no había evidencia científica de daño al medio ambiente causado por las prácticas justificadas y reguladas, se ha producido un cambio en la preocupación pública por la protección radio-

lógica de las especies no humanas, debido a cambios en el pensamiento de la sociedad.

A pesar del aparente vacío de una ética del medio ambiente, la ICRP ha seguido de cerca el desarrollo de algunos principios básicos para proteger no sólo a los seres humanos sino también al medio ambiente en sí de los efectos perjudiciales de la exposición a la radiación. Así, hace algunos años, la ICRP decidió crear un comité *ad hoc* para analizar la protección radiológica del medio ambiente, con el objetivo de garantizar que el desarrollo y aplicación de enfoques de la protección del medio ambiente sean compatibles con los de la protección radiológica del hombre y con las de protección del medio ambiente contra otros peligros potenciales.

En el contexto de situaciones de exposición planificadas, las normas de control ambiental necesarias para proteger al público en general deben asegurarse de que otras especies en el hábitat humano no se encuentran en situación de riesgo. Sin embargo, la situación podría ser diferente en situaciones de emergencia y situaciones existentes y en el medio ambiente en general. Por tanto, la ICRP se ha adherido a algunos objetivos básicos de protección internacional del medio ambiente, tales como:

- Mantener la diversidad biológica,
- Asegurar la conservación de las especies, y
- Proteger la salud y el estado de los hábitats naturales, las comunidades, y los ecosistemas.

La ICRP ha publicado un marco para evaluar el impacto de las radiaciones ionizantes en las especies no humanas [63]. Por tanto, una nueva característica de las Recomendaciones la ICRP 2007 [1] es que cubren la protección del medio ambiente y no sólo la protección del hombre.

## CONCLUSIÓN

Existe una correlación directa entre los principios básicos de protección radiológica recomendados por la ICRP y las doctrinas éticas universales, que podría resumirse de la siguiente manera:

- El principio de justificación se basa en la ética teleológica (o consecuencialista).
- El principio de optimización se basa en la ética utilitarista (o de maximización del beneficio)
- El principio de limitación se basa en la ética deontológica (o del deber)
- El principio de prudencia intergeneracional se basa en la ética aretaica (o de la virtud)

Los principios de protección radiológica y sus fundamentos éticos están TODOS ellos interrelacionados y son aplicables



Figura 4. Interrelación entre los principios de protección radiológica y sus fundamentos éticos

a la protección contra la exposición a la radiación. Los principios de la ICRP armonizan todas las doctrinas éticas vigentes y se usan, todos ellos, en conjunto como se ilustra en la Figura 4.

La estrecha relación entre los principios de la protección radiológica y las doctrinas éticas prevaletes ha sido la raíz histórica del marco ético de las recomendaciones internacionales de protección radiológica.

## REFERENCIAS

[1] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4). 2007.

[2] *Fundamental Safety Principles: Safety Fundamentals*. IAEA Safety series, ISSN 1020-525X ; No. SF-1; STI/PUB/1273; ISBN 92-0-110706-4; International Atomic Energy Agency, Vienna, 2006.

[3] Food And Agriculture Organization Of The United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organisation, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety series, ISSN 0074-1892 ; 115. Safety standards, STI/PUB/996, ISBN 92-0-104295-7, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[4] Joint Convention on the Protection of Spent Fuel Management and on the Protection of Radioactive Waste Management, INF-CIRC/546. International Atomic Energy Agency; Viena 1997.

[5] *Radiation Protection Convention, 1960* (No. 115); General Conference of the International Labour Organisation, Forty-fourth Session (on 1 June 1960); The International Labour Office, Geneva, 1960.

[6] International Commission on Radiological Protection. *Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure*. ICRP Publication 82. Ann. ICRP 29 (1-2), 1999 [see Annex D, § (D.3)]

[7] Taylor, Lauriston S. *The Philosophy Underlying Radiation Protection*. Am. J. Roent. Vol. 77, N° 5, 914-919, 1957

[8] International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. (Adopted September 17, 1965). ICRP Publication 9. 1966.

[9] International Commission on Radiological Protection. *Implications of Commission Recommendations that Doses Be Kept As Low As Readily Achievable*. ICRP Publication 22. 1973.

[10] International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 26, Ann. ICRP 1 (3). 1977.

[11] International Commission on Radiological Protection. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3). 1991.

[12] *Radiation and Man*. 1973 Sievert Lecture, At the 3<sup>rd</sup> International Congress of the Radiation Protection Association, IRPA 3, Washington, 1973.

[13] Taylor L. S., *Some non-scientific influences on radiation protection standards and practice*. The 1980 Sievert lecture, Health Phys., 39; 851-874, 1980.

[14] Silini, G., *Ethical issues in radiation protection*. The 1992 Sievert lecture. Health Phys. 63:139-148, 1992.

[15] D.J. Beninson. *Risk of Radiation at Low Doses*. The Sievert Lecture at the IRPA IX Congress.

[16] [Lindell, 1994]. Swedish Risk Academy. *Radiation and Society: Comprehending Radiation Risks*. Bo Lindell (Ed.), Stockholm, 1994.

[17] Swedish Radiation Protection Institute. *Ethical issues in radiation protection . an international workshop* (editor L. Persson). Stockholm, Sweden. SSI-Report 2000:08; 2000.

[18] Lindell, B. *Pandoras ask*. ISBN: 9174863479. Atlantis; Stockholm; 1996

[19] Lindell, B. *Damokles svärd*. ISBN: 9174867792. Atlantis; Stockholm; 1999

[20] Lindell, B. *Herkules Storverk*. ISBN: 917486744x. Atlantis; Stockholm; 2003

[21] Clarke R. H., "Control of low-level radiation exposure: time for a change?" *Journal of Radiological Protection*, 1999, 19 No. 2

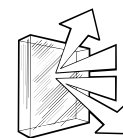
[22] Clarke R. H.: "Progress towards new recommendations from the International Commission on Radiological Protection", *Nuclear Energy* 2001, 40, No. 1 Feb. 37-45

[23] Clarke, R.H., *International aspects of radiological protection Nuclear Energy* 2003, 42, No. 2, Apr 83-86

[24] Eggermont G., (Ed.), e.a.- *Ethics and Radiological Protection*.- Louvain-La-Neuve, Belgium: Academia Bruylant, 2008.- 235 p.- (Collection Science, Ethique et Société; 3).- ISBN 978-2-87209-894-1

[25] *Science and Values in Radiological Protection*. Workshop (In-depth discussions of how science and social values are taken into account in the formation of policy and regulatory judgements took place at a workshop in Finland in January) NEA Annual Report 2008; Nuclear Energy Agency; Organisation for Economic Co-operation and Development; Science and Values in Radiological Protection workshop was held in Helsinki in January 2008 Radiation and Nuclear Protection Authority of Finland (STUK).

[26] *Science and Values in Radiological Protection -The second workshop of the CRPPH on radiological protection and public health*; Vaulx de Cernay, France; 30 November-2 December, 2009



- [27] International Radiation Protection Association. *Code of Ethics*. IRPA Congress for Central and Eastern Europe on 24 – 28 September 2007, Brasov, Romania, (2007)
- [28] Ethical considerations in protecting the environment from the effects of ionizing radiation; IAEA-TECDOC-1270; ISSN 1011-4289; IAEA, VIENNA, 2002.
- [29] *Protection of the environment from the effects of ionizing radiation*. Proceedings of an International Conference on Protection of the Environment from the Effects of Ionizing, Stockholm, 6–10 October 2003; IAEA Proceedings series, ISSN 0074–1884; STI/PUB/1229; ISBN 92–0–104805–X; International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005
- [30] *Establishing a Code of Ethics for Nuclear Operating Organizations*. IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-1.2; la IAEA STI/PUB/1311, ISBN 978-92-0-109507-7, Vienna, 2008
- [31] González, A. J. *Un criterio para la evaluación de la seguridad nuclear*. In Proceedings of Symposium on Siting of nuclear facilities, jointly organized by the International Atomic Energy Agency and the OECD Nuclear Energy Agency. Vienna, Dec. 9-13, 1974. p. 265-281. IAEA-SM-188/52. STI/PUB/384.
- [32] González, A.J. *The regulatory use of probabilistic safety analysis in Argentina*. In the proceedings of the International Meeting on Thermal Reactor Safety. Chicago, USA, 29 Aug.-2 Sept. (1982). NUREG-0027-Vol.1.
- [33] González, A.J. *The regulatory use of probabilistic safety analysis in Argentina*. In the report of the Technical Committee on Status, Experience and Future Prospects for the Development of Probabilistic Safety Criteria. Vienna, Austria, 27-31 Jan. 1986. IAEA-TECDOC-524.
- [34] International Commission on Radiological Protection. *Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework*. ICRP Publication 64. Ann. ICRP 23 (1) 1993.
- [35] International Commission on Radiological Protection. *Protection from potential exposures: application to selected radiation sources*. ICRP Publication 76. Ann. ICRP 27 (2). 1997.
- [36] Machiavelli Niccolò. *The Prince*. (Written c. 1505, published 1515, translated by W. K. Marriott 1908)
- [37] Bentham, J., *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*, 1789. Latest edition: Adamant Media Corporation, 2005.
- [38] Mill, John Stuart. *Bentham*. London and Westminster Review, Aug. 1838, revised in 1859 in *Dissertations and Discussion*, vol. 1.
- [39] Broad, C. D. *Five Types of Ethical Theory*. New York: Harcourt, Brace and Co: 277-278 (1930).
- [40] Immanuel Kant. *The Metaphysical Elements of Justice: Part I of the Metaphysics of Morals*, J. Ladd, Trans., Indianapolis: Hackett Pub. Co. 1965.
- [41] Moore, M. *Placing Blame: A General Theory of the Criminal Law*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- [42] Wierenga, E.. *A Defensible Divine Command Theory*. *Noûs*, Vol. 17, No. 3: 387-407, 1983.
- [43] *The Precautionary Principle*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France (2005).
- [44] G. E. M. Anscombe. *Modern Moral Philosophy*. Originally published in *Philosophy* 33, No. 124 (January 1958).
- [45] Crisp, Roger; Slote, Michael. *Virtue Ethics*. Oxford: Oxford University Press(1997).
- [46] Darwall, S., (Ed.), *Virtue Ethics*, Oxford: B. Blackwell (2003).
- [47] Devettere, Raymond J. *Introduction to Virtue Ethics*. Washington, D.C.: Georgetown University Press(2002).
- [48] Gardiner, S. M. (Ed.), *Virtue Ethics, Old and New*. Ithaca: Cornell University Press(2005).
- [49] Hursthouse, Rosalind. *On Virtue Ethics*. Oxford: Oxford University Press 2001.
- [50] Swanton, Christine. *Virtue Ethics: a Pluralistic View*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- [51] Taylor, Richard. *An Introduction to Virtue Ethics*. Amherst: Prometheus Books, 2002.
- [52] *Helsinki Declaration*. Adopted by the 18<sup>th</sup> World Medical Assembly, Helsinki, 1964.
- [53] Council For International Organizations Of Medical Sciences in collaboration with WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects, CIOMS, Geneva(1993).
- [54] World Health Organization, Use of Ionizing Radiation and Radionuclides on Human Beings for Medical Research, Training and Non-Medical Purposes, Technical Report Series No. 611, WHO, Geneva, 1977.
- [55] R. Nozick, Anarchy, *State and Utopia*, Basic Books, New York, NY, USA, 1974.
- [56] International Commission on Radiological Protection. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37. Ann. ICRP 10 (2-3). 1980
- [57] International Commission on Radiological Protection 1990. Optimization and Decision Making in Radiological Protection. ICRP Publication 55. Ann. ICRP 20 (1). 1990
- [58] International Commission on Radiological Protection. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public. ICRP Publication 101a. Ann. ICRP 36(3). 2006.
- [59] D.J. Beninson and A.J. González, "Optimization of Nuclear Protection Systems". In Proceedings of an International Conference on Current Nuclear Power Plants Protection Issues organized by the International Atomic Energy Agency. Stockholm, Oct. 20-24, 1980. Vienna, IAEA, 1981. Vol. 2, pp.449-456. IAEA-CN39/211 STI/PUB/566
- [60] Pontifical Academy of Sciences. *Biological implications of optimization in radiation procedures*. Working Group, 2-5 May 1983. Publications, Documenta 014, Conclusions (English, Italian and French texts), pp. 32; Vatican: Pontifical Academy of Sciences. 1985
- [61] S. Scheffler, Ed., *Consequentialism and Its Critics*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1988.
- [62] F. M. Kamm, *Intricate Ethics: Rights, Responsibilities, and Permissible Harms*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2007.
- [63] International Commission on Radiological Protection. *A framework for assessing the impact of ionising radiation on non-human species*. ICRP Publication 91. Ann. ICRP 33 (3). 2003.
- [64] Arnaud, Guillermo. *Por una ética ambiental*. Anales 2008 de la Academia Nacional de Geografía, Buenos Aires, 2009, páginas 79 - 85.
- [65] Catholic-Jewish Commission. *Statement upon the Conclusion of the Bilateral Commission of the Holy See and the Chief Rabbinate of Israel*; Vatican City, Jan. 20, 2010.

# Resultados y conclusiones de la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas

P. Carboneras<sup>1</sup>, T. Ortiz<sup>1</sup>, E. Alcaide<sup>1</sup>, C. Rueda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Enresa, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

<sup>2</sup>LAINSA, Logística y Acondicionamientos Industriales

## RESUMEN

*El presente artículo refleja los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas en la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas, llevada a cabo en España entre febrero de 2007 y diciembre de 2009, a iniciativa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), siguiendo las recomendaciones de los documentos legislativos vigentes. La realización de la campaña fue encargada a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), y fue llevada a cabo con el asesoramiento y también bajo el control del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). La campaña tuvo un carácter básico de "voluntariedad" sin ninguna actuación de tipo coercitivo sobre los poseedores de tales fuentes radiactivas.*

## ABSTRACT

*The present paper reflects the results obtained and the conclusions drawn after the orphan radioactive source search and recovery campaign carried out in Spain between February 2007 and December 2009 on the initiative of the Ministry of Industry, Tourism and Trade (MITYC) and in accordance with the recommendations of the legal documents in force. The campaign was commissioned to the radioactive waste management company (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos-Enresa) and was performed with advisory support and under the control of the Nuclear Safety Council (Consejo de Seguridad Nuclear, CSN). The campaign had a basic character of "voluntariness", without the possibility to apply any kind of pressure over those possessing such radioactive sources.*

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del riesgo radiológico potencial del mal uso de las fuentes radiactivas y en especial de las fuentes de alta actividad, el 22 de diciembre de 2003 se publicó la Directiva de la Unión Europea 2003/122, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y fuentes huérfanas. En esta directiva se instaba a los estados miembros a organizar campañas de recuperación de fuentes huérfanas procedentes de actividades del pasado, cuando se entendieran convenientes. La Directiva fue transpuesta a la legislación nacional en España a través del Real Decreto 229/2006, en el que se establecen los requisitos de control de las fuentes de alta actividad y la posibilidad de realizar una campaña de recuperación de fuentes huérfanas.

Según se define en el real decreto, fuentes huérfanas son aquellas cuya actividad en el momento de ser descubiertas es superior al valor de exención establecido en la normativa vigente, y que no están sometidas a control regulador, ya sea porque nunca lo han estado o porque han sido abandonadas, perdidas, extraviadas, robadas, o transferidas a un nuevo poseedor sin la debida notificación a la autoridad

competente o sin que haya sido informado el nuevo receptor.

Considerando lo anterior, existen tres tipos de fuentes radiactivas huérfanas:

- las que están controladas desde el punto de vista de riesgo radiológico o físico, pero están fuera de control regulador desde el punto de vista administrativo.
- las que, aún estando dentro de control regulador administrativo, han pasado a estar fuera de control radiológico o físico por haber sido abandonadas, robadas, perdidas, etc.
- las que, además de estar fuera de control administrativo, están fuera de control radiológico o físico.

Los dos últimos casos son los que suponen un riesgo mayor para las personas o el medioambiente, entre otras razones, por ignorancia de su poseedor de su condición de radiactivas.

## CARACTERÍSTICAS DE LA CAMPAÑA

La campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas fue concebida como complemento de otras acciones ya realizadas o en curso, tales como las derivadas del "Protocolo" en vigor para la vigilancia radiológica en el



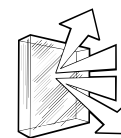


Figura 1. El objetivo principal de la campaña fue la recuperación de fuentes radiactivas del pasado.

sector del reciclado del metal, y se dirigió a todos los campos de aplicación, enfocándose principalmente a fuentes huérfanas procedentes de actividades del pasado (Figura 1).

La campaña fue financiada con fondos de los presupuestos generales del Estado y la retirada de fuentes huérfanas no fue gratuita, sino que se aplicaron las mismas tarifas establecidas por Enresa para la retirada de fuentes reguladas, siendo el último poseedor de la fuente el que tuvo que hacerse cargo de los costes de gestión. En casos excepcionales se tomó la decisión de no dejar de retirar ninguna fuente huérfana por falta de pago, destinando una pequeña parte de los fondos de la campaña a cubrir esta posible incidencia.

Para la realización de la campaña, Enresa contó con sus capacidades operativas y de protección radiológica habituales en este tipo de retiradas (Figura 2) y con la colaboración de la empresa Lainsa en las tareas de conducción y ordenación general de la misma.

La campaña contó con el asesoramiento de un Comité Consultivo formado por representantes del CSN, del MITYC, de Enresa y de diversos organismos e instituciones, lo que fue fundamental en el proceso de recopilación de la información nacional histórica y para la identificación de los sectores de actividad susceptibles de poseer fuentes huérfanas.

Con la ayuda del Comité Consultivo se pudo adquirir una visión de lo que fueron los usos de las fuentes en España en los años anteriores a la creación del CSN (1980). De las reuniones mantenidas y de la literatura consultada se destacaron las siguientes situaciones de interés en relación con escenarios en los que podrían aparecer fuentes radiactivas fuera de control:

- Fuentes de teleterapia adquiridas en el pasado que pudieran haber quedado fuera del control regulador por no existir una forma de gestión viable del residuo, o ser éste muy caro, en su momento.
- Fuentes de braquiterapia de Ra-226 utilizadas en los primeros años en aplicaciones médicas, cuyos dueños pudieran haber fallecido dejando a sus familiares sin saber

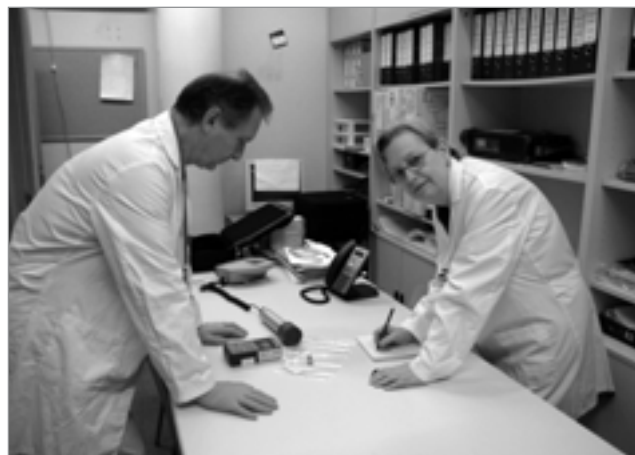


Figura 2. Enresa contó para la campaña con sus capacidades operativas y de protección radiológica habituales.

qué hacer con ellas, ya que se consideran material valioso debido al encapsulamiento de oro y platino.

- Fuentes de diversos usos, principalmente médicos, recibidas como donación por diversas organizaciones, dentro de programas de cooperación internacional, o adquiridas de "segunda mano".
- Fuentes de radiografía industrial, cargadas en equipos portátiles, y transportadas en vehículos privados, que pudieran haber sido extraviadas o sustraídas.
- Fuentes asociadas a equipos de control de procesos, normalmente de largo periodo de semidesintegración, que pudieran haber sido olvidadas a lo largo de los años o gestionadas de forma inapropiada.
- Fuentes de uso militar, usadas en ejercicios que, por diversas razones, pudieran estar insuficientemente controladas.
- Fuentes aparecidas en la industria del metal junto con la chatarra, cuyo origen tuviera que ser investigado.
- Fuentes utilizadas en tareas de investigación o docencia, que pudieran haber quedado abandonadas una vez concluidas las mismas, incluyendo la posibilidad de irradiadores de investigación conteniendo fuentes de alta actividad.
- Fuentes en posesión de proveedores históricos nacionales, que normalmente reúnen cantidades apreciables de fuentes decaídas, una vez sustituidas por nuevas, y que no en todos los casos pueden después devolverlas a su origen (motivos económicos no previstos, falta de embalaje adecuado, etc.).
- Fuentes de uso en actividades de prospección y minería en las que las fuentes se han introducido en el país de forma ilegal, por deficiencias del sistema regulador o por las dificultades asociadas a su declaración, pudiendo haber sido abandonadas tras la conclusión de los trabajos.
- Cualquier otra experiencia nacional existente que pudiera suponer la aparición de fuentes fuera del sistema de control regulador en vigor.

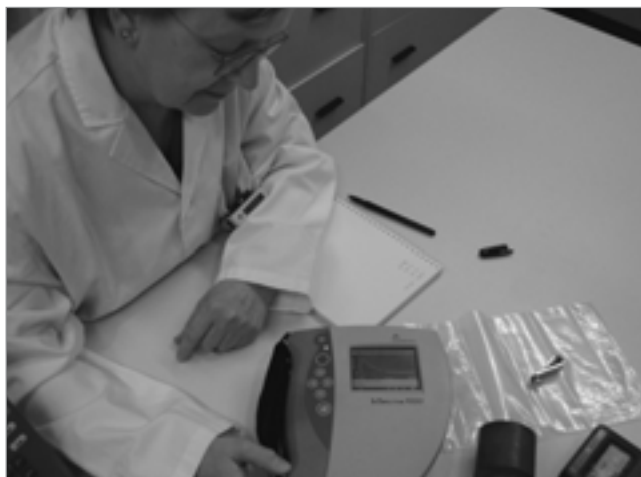


Figura 3. A lo largo de la campaña se siguieron los procedimientos habituales de la UTPR de Enresa para la gestión de fuentes radiactivas.



Figura 4. La UTPR de Enresa realizó siempre una visita técnica previa a la retirada de las fuentes.

En las primeras reuniones del Comité Consultivo se establecieron las acciones básicas a realizar, siendo la primera, la difusión de la campaña a nivel nacional en todos los sectores de actividad identificados como susceptibles de poseer fuentes radiactivas huérfanas (defensa, sanidad, investigación y docencia, industria y servicios, agricultura, fomento y transportes, minas, medio ambiente, hacienda, justicia).

El objetivo del mensaje difundido fue informar a los profesionales de los distintos sectores de actividad sobre la existencia de la campaña y sus objetivos y características, y solicitar la colaboración voluntaria de los posibles poseedores de fuentes huérfanas o información sobre posibles ubicaciones conocidas o sospechadas de este tipo de fuentes, planteando esta campaña ante los posibles declarantes, como una oportunidad especial de gestionar tales fuentes de una forma discreta.

La búsqueda administrativa, realizada de forma mayoritaria y sistemática a lo largo de toda la campaña, consistió



Figura 5. Las fuentes radiactivas declaradas fueron caracterizadas y acondicionadas previamente a su traslado a El Cabril para su gestión segura.

en la recopilación y análisis de información para identificar sectores susceptibles de poseer fuentes huérfanas a través de Internet, bibliografía disponible, documentos históricos, entrevistas, etc.

La búsqueda física fue realizada solamente en ocasiones puntuales, y consistió en acciones específicas, en lugares concretos, encaminadas a la localización mediante detectores de radiación e identificación de las fuentes localizadas, en su caso. Este tipo de búsqueda se realizó siempre con el consentimiento del titular de la empresa y siguiendo el procedimiento habitual de la UTPR de Enresa para estas actividades (Figura 3).

Para una gestión operativa más rápida y sencilla de las fuentes radiactivas que pudieran aparecer en la campaña, se solicitó al MITYC una Autorización de Transferencia de carácter "genérico" para cubrir el requisito establecido en la normativa nacional, que es un requisito reglamentario aplicable en España siempre que una fuente radiactiva pasa de un "poseedor" a otro.

Tras la labor de difusión masiva de la campaña realizada se recibieron numerosas respuestas. A la vista de la información facilitada, Enresa confirmaba siempre a los declarantes si el material declarado era objeto de la campaña y les indicaba el modo de proceder (esto se sistematizó a través de su página electrónica y también se habilitó información similar en las del MITYC y CSN). Previamente a la recogida de las fuentes se realizó siempre una visita técnica por parte de la UTPR de Enresa a cada una de las instalaciones declarantes (Figura 4), dado que la información técnica disponible solía ser escasa. En conjunto, las operaciones de recogida

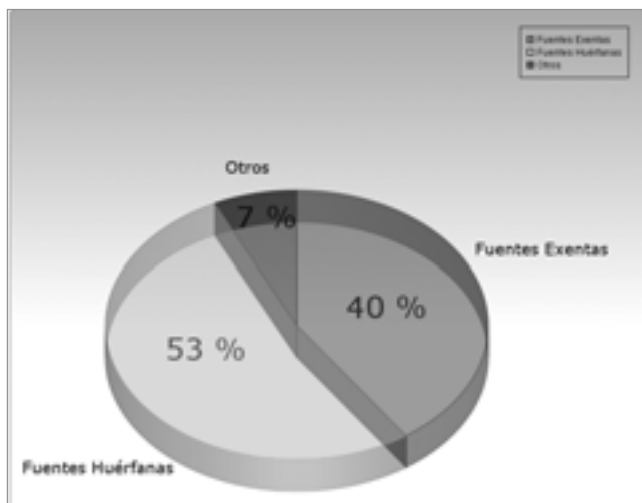
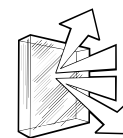


Figura 6. Distribución de material radiactivo retirado por tipo de material.

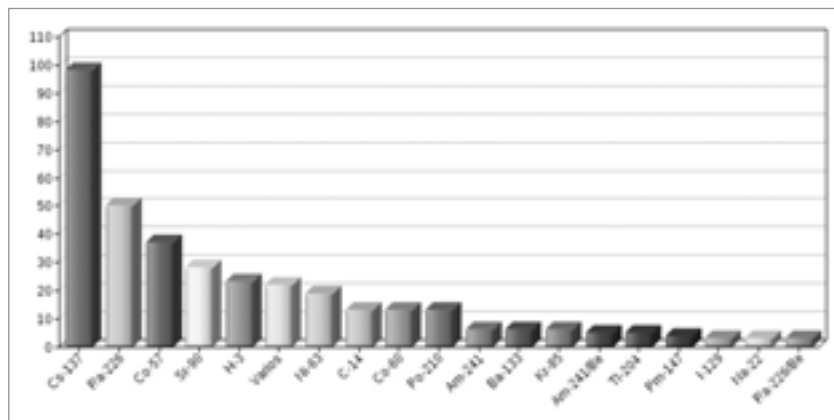


Figura 7. Distribución de las fuentes huérfanas retiradas por radionucleido.

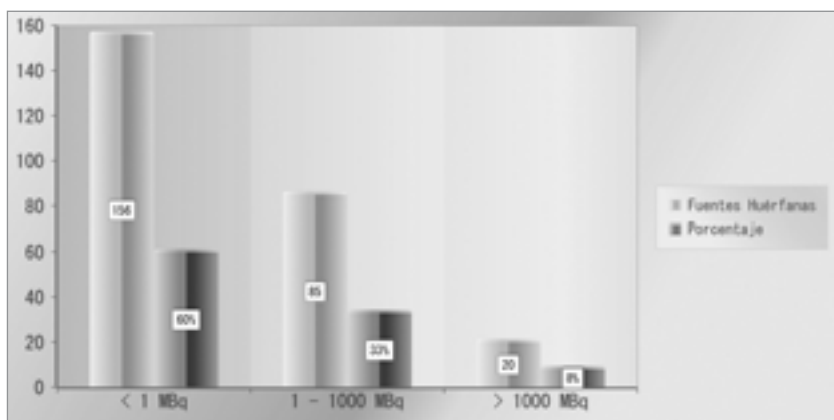


Figura 8. Distribución de las fuentes huérfanas retiradas por rango de actividad.

incluyeron la caracterización de las fuentes radiactivas declaradas, la toma de imagen gráfica de las fuentes/equipos caracterizados, el acondicionamiento de las fuentes para su almacenamiento y transporte, la retirada de fuentes radiac-

tivas de las instalaciones declarantes y su transporte a las instalaciones de Enresa en El Cabril para su gestión segura (Figura 5).

Las fuentes declaradas cuya actividad se encontraba por debajo del nivel de exención, que no fueron objeto de la campaña en un primer momento, se acabaron retirando también en muchos casos, debido a que en ocasiones estas fuentes se encontraban en instalaciones junto con otras fuentes no exentas que se retiraban, en otros casos el poseedor desconocía la actividad de la fuente cuando la declaraba lo que obligaba a considerarla como huérfana y en otros casos incluso, las fuentes se encontraban en emplazamientos particularmente sensibles. Respecto a este tipo de fuentes, numerosos usuarios plantearon sus dudas sobre cómo gestionarlas por encontrarse expresamente excluidas de la orden ECO 1499/2003.

## RESULTADOS

En el transcurso de la campaña, se caracterizaron radiológicamente 461 fuentes radiactivas, de las cuales 200 eran fuentes exentas y 261 fuentes huérfanas, además de 35 unidades de contención de diverso tipo (Figura 6).

Los radionucleidos identificados con mayor frecuencia fueron el Cs-137, Ra-226, Sr-90 y Ni-63 para las fuentes huérfanas retiradas (Figura 7), y el Co-57 y el Co-60 en el caso de las fuentes exentas.

La actividad total retirada fue de 1,84 TBq, debida fundamentalmente a indicadores con tritio que tienen actividades muy altas. Sin estos indicadores la actividad total retirada fue de 165 GBq (Figura 8) y la de las fuentes exentas de 638 MBq. Las actividades de las fuentes radiactivas se refirieron en todo momento a su fecha de retirada. La mayoría de las fuentes retiradas (60%) tenían una actividad individual menor de 1MBq. La fuente de más relevancia radiológica fue una de Cs-137 de 76 GBq.

Las fuentes se localizaron en todos los sectores habituales de uso de fuentes radiactivas, (industrial, médico, investigación y docencia) con porcentajes similares en todos ellos, entre el 20 y el 30% (Figura 9). Las fuentes localizadas fueron principalmente de uso en control de procesos industriales; tubos y agujas de Ra-226 de uso medico; fuentes para medida de densidad y humedad de suelos;

aplicadores oftálmicos de uso médico y diferentes tipos de fuentes de chequeo y calibración de equipos de medida y de laboratorio.

Aunque el objetivo preferente de la campaña fueron las fuentes de categorías 1, 2 y 3 de la clasificación de la OIEA, se constató que, a excepción de una fuente justo en el límite de esas categorías, que en su origen era de categoría 3, todas las demás estaban dentro de las categorías 4 (6%) y 5 (94%). Hay que decir sin embargo que hay fuentes dentro de las categorías 4 y 5 que tienen su importancia en caso de encontrarse fuera de control, como las que se utilizan para medida de densidad y humedad de suelos (categoría 4), las agujas y tubos de radio-226 de uso médico (categoría 4), los aplicadores oftálmicos de braquiterapia (categoría 5), etc.

Por otro lado, según el RD229/2006 sobre el Control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas, dos de las fuentes retiradas en la campaña tenían la consideración de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad.

En cuanto a distribución por Comunidades Autónomas (Figura 10), aunque la campaña fue dirigida a todo el territorio nacional, Madrid fue, con mucho, la Comunidad que más fuentes huérfanas declaró a la campaña, seguida de Andalucía, Cataluña, Galicia y Aragón. Este hecho puede deberse a dos motivos básicos: a) España era un país muy centralizado en los primeros años de uso de estas fuentes e históricamente los primeros usos de la radiación vinieron de la JEN en Madrid; b) en algunos casos, las fuentes declaradas fueron agrupadas en las instalaciones de los servicios centrales en Madrid de algunas organizaciones antes de ser transferidas a Enresa.

Las 35 unidades de contención retiradas en la campaña (Figura 11), estaban constituidas por materiales diversos (fuentes no encapsuladas de varios radionucleidos, diversos equipos y piezas conteniendo uranio empobrecido, numerosos indicadores luminosos, válvulas y algunas piezas contaminadas).

### COMENTARIOS Y ASPECTOS RELEVANTES

Entre las razones observadas por las que existían las fuentes huérfanas retiradas están:

En fuentes procedentes de instalaciones:

- Altas o clausuras inadecuadas de instalaciones radiactivas: Se retiraron fuentes de instalaciones reglamentadas, que por diversos motivos, o bien no habían sido dadas de alta en su momento en la correspondiente autorización administrativa, o la instalación se había clausurado sin haber gestionado todas las fuentes de forma adecuada.
- Motivos burocráticos o económicos: Los poseedores conocían las vías de gestión existentes, pero las habían retenido hasta ver cómo podían realizar su retirada del modo más sencillo y económico posible.

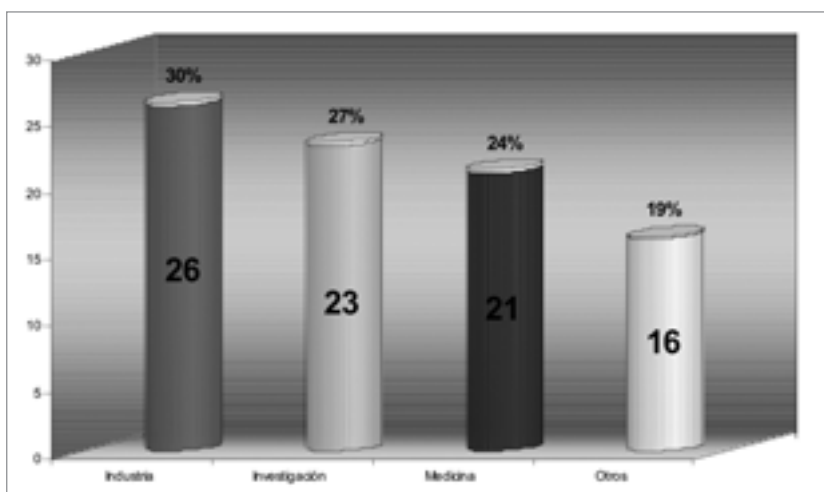


Figura 9. Distribución de declarantes de fuentes huérfanas por sector de actividad.



Figura 10. Distribución de fuentes huérfanas retiradas por Comunidad Autónoma.

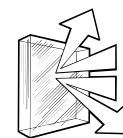


Figura 11. Otros materiales radiactivos retirados en la campaña fueron equipos de gammagrafía industrial, material radiactivo no encapsulado, indicadores luminosos y válvulas.



Figura 12. Algunas fuentes radiactivas huérfanas y blindajes retirados en la campaña.

En fuentes procedentes de legados históricos:

- Desconocimiento de trámites de gestión: Legados históricos o fuentes adquiridas antes de que existiese control regulador, de las que el poseedor no sabía cómo desprenderse.

Debe destacarse la disposición general favorable a la colaboración con la campaña en todos los sectores contactados, incluso en los casos en los que, debido a la amplia difusión realizada, la campaña llegó a personas ajenas al uso de las radiaciones, que se interesaron a través de las vías habilitadas al efecto y ofrecieron su ayuda y colaboración.

El trabajo realizado tuvo sus dificultades prácticas en muchos casos cuando pretendió dar "trazabilidad" a fuentes o instalaciones concretas, debido al gran número de empresas desaparecidas, algunas de ellas definitivamente, otras que habían cambiado de nombre o de domicilio o que habían sido absorbidas por empresas mayores.

## EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES

Las fuentes huérfanas localizadas en la campaña no constituían, en la gran mayoría de casos, riesgos especiales en cuanto a la seguridad física ni problemas graves de seguridad radiológica.

Tras el análisis de los resultados, se puede decir que en España no parece haber un problema grave remanente de existencia de fuentes radiactivas huérfanas, debido a las características específicas del marco regulador nacional y gracias a las diversas campañas realizadas en el pasado; no obstante, siguiendo las recomendaciones del OIEA, deben mantenerse abiertas siempre estrategias nacionales de control de fuentes radiactivas.

Entre las acciones posibles, extraídas de la experiencia ganada en la campaña, encaminadas a un mayor control de las fuentes radiactivas hacia el futuro, se pueden resaltar las siguientes:

- a) Respecto a las fuentes huérfanas localizadas en instalaciones reglamentadas, hay que resaltar la utilidad que ha tenido en algunos casos la realización de inventarios físicos que incluían el material más antiguo, ya que sacaron a la luz fuentes huérfanas que fueron recuperadas en la campaña. Estos inventarios ayudarían también a detectar cuanto antes la ausencia de una fuente.
- b) Respecto a las fuentes en desuso o decaídas, que se guardan de forma relativamente habitual en las instalaciones radiactivas, fuera de su vida útil o procedentes de técnicas obsoletas, hay que insistir en su consideración como "vulnerables" y potencialmente huérfanas, por lo que en se recomienda su gestión sin retraso, tal y como la normativa nacional (RD229/2006) enfatiza.

- c) El conocimiento por parte de los usuarios del aspecto físico de las fuentes es fundamental de cara a su control. El RD229/2006 insiste en este aspecto exigiendo a las instalaciones que dispongan de imágenes gráficas de las fuentes de alta actividad que se guardan en la instalación.
- d) Un mayor conocimiento de la apariencia y símbolos de identificación de las fuentes radiactivas por parte del público también sería deseable.
- e) Del análisis de las características de las fuentes retiradas se puede deducir que no siguieron un patrón que pudiera inducir a considerar la prioridad de acciones adicionales en un sector determinado de uso o aplicación; no obstante las fuentes de mayor actividad de la campaña fueron localizadas en el sector industrial no nuclear.
- f) Algunas de las gestiones iniciadas pudieron no haber tenido el eco esperado, debido probablemente a que la colaboración que se solicitaba era voluntaria aunque también pudiera deberse a que la información suministrada no llegó realmente al usuario final. En este sentido podría plantearse la posibilidad de organizar acciones similares, aunque más específicas, transcurrido un plazo de tiempo.

La campaña se considera que ha cumplido adecuadamente su objetivo ya que ha posibilitado la retirada de un número apreciable de fuentes huérfanas que existían en nuestro país (Figura 12), habiendo sido bien valorada por parte de los organismos nacionales e internacionales contactados a lo largo de la misma.

De cara al futuro se propone seguir fomentando y realizando esfuerzos similares conjuntos y coordinados tanto a nivel nacional como internacional. Hay que resaltar la importancia de una aproximación internacional en el tema de control de fuentes radiactivas ya que los países no están aislados y pueden darse movimientos transfronterizos, por lo que se considera importante difundir la campaña para que otros países emprendan acciones similares coordinadas, a fin de lograr una mayor efectividad.

### **BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS**

- International Atomic Energy Agency. Categorization of radioactive sources IAEA TECDOC 1344
- International Atomic Energy Agency. Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources IAEA/CODE OC/2004, IAEA, Viena (2004)
- International Atomic Energy Agency. Strengthening Control Over Radioactive Sources in Authorized Use and Regaining Control Over Orphan Sources National Strategies IAEA-TECDOC-1388, Vienna (2004)
- E. Gil. "Orphan sources. Extending Radiological Protection outside the Regulatory framework". Second European IRPA Congress on Radiation Protection, Paris (2006)
- International Atomic Energy Agency. National Strategy for Regaining Control over Orphan Sources and Improving Control over Vulnerable Sources Draft Safety Guide DS410 (2009)
- International Atomic Energy Agency. Lost and found dangers. Orphan radiation sources raise global concern. Pedro Ortiz IAEA Bulletin 41
- International Atomic Energy Agency. IAEA safety guide DS411 Arrangements for dealing with orphan radioactive sources in the metal recycling industry.
- International Atomic Energy Agency. Identification of Radioactive Sources and Devices: Reference Manual. Nuclear Security Series no5. IAEA, Vienna (2007)
- IAEA Global Orphan Source Recovery Strategy and Implementation, Carolyn Mac Kenzie
- Health Physics Society Actions needed to better secure vulnerable radioactive sources: A contemporary report.
- USA NNSA Off-Site Source Recovery Project OSRP. Los Álamos National Laboratory. Resumen de Página Web sobre gestión de fuentes huérfanas en USA (<http://osrp.lanl.gov>)
- Ferguson, CD. Kazi, T. Perera, J. Monterrey Institute of International Studies "Commercial Radioactive Sources: Surveying the Security Risk", Monterey (2003)
- International Conference on control and management of radioactive material inadvertent present in scrap metal. Proceedings Conference, Tarragona (2009) <http://www-ns.iaea.org/meetings/rv-summaries/tarragona2009-presentations.htm>
- Carboneras, P. Serrano, JI. "Experience of the application of the Spanish Protocol for the radiological surveillance and control of scrap and the metallic products resulting from its processing. International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout their Life Cycle, Bordeaux (2005)
- Conference of Radiation Control Program Directors, Inc. "A National Orphan Radioactive Material Disposition Program" <http://www.epa.gov/radiation/cleanmetals/orphan.htm>
- US Environmental Protection Agency. Orphan Sources Initiative. Clean Materials Program, [http://www.crcpd.org/Special\\_Services.asp](http://www.crcpd.org/Special_Services.asp).



## NOTA TÉCNICA

# La acreditación de ENAC, una garantía en el entorno de la protección radiológica

**Eva Martín**

*(Varenga Marketing y Comunicación)*

La protección de los trabajadores, de la población y del medio ambiente frente a los efectos perjudiciales de las radiaciones ionizantes es un aspecto prioritario para las administraciones. En España esta competencia corresponde al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el cual lleva a cabo su misión consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen.

Para el control y vigilancia de la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional, el CSN ha establecido un sistema de redes de vigilancia radiológica, constituido por la Red de vigilancia radiológica en el entorno de las centrales nucleares e instalaciones del ciclo del combustible nuclear y por la Red de vigilancia radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones. En ellas participan laboratorios de ensayo que llevan a cabo medidas del nivel de radiactividad en diferentes medios receptores como agua, atmósfera, alimentos, fluidos biológicos, etc.

Garantizar que estos ensayos se ejecutan con la adecuada competencia técnica y, por tanto, que sus resultados son una base fiable para determinar, en su caso, las acciones a tomar, es una prioridad para el CSN por lo que este organismo viene fomentando la acreditación de los laboratorios que integran estas redes.

La acreditación es la herramienta establecida a escala internacional para generar confianza sobre la actuación de los laboratorios y otro tipo de organizaciones (Laboratorios de Calibración, Entidades de Inspección, Entidades de Certificación y Verificadores Medioambientales) conocidas en términos generales como Organismos de Evaluación de la Conformidad. En España la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) es la encargada de realizar esta actividad, de acuerdo a lo establecido en el

Reglamento CE nº765/2008. ENAC es el miembro español de la Infraestructura Europea de Acreditación creada por el mismo Reglamento CE nº765/2008 y, como tal, miembro de EA (*European co-operation for Accreditation*), y firmante de los Acuerdos Multilaterales de Reconocimiento en materia de acreditación, suscritos por las entidades de acreditación de 50 países. Desde hace 25 años ENAC trabaja para poner a disposición del mercado un conjunto de evaluadores de la conformidad fiables, que han demostrado su competencia técnica mediante un

<b>Laboratorios de radiactividad acreditados</b>
LABORATORIO DE RADIOACTIVIDAD AMBIENTAL. Universidad Politécnica de Valencia
FABRICA NACIONAL DE LA MARAÑOSA. Laboratorio de Análisis de Radiactividad Ambiental
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME)
INSTITUT DE TEQUINES ENERGETIQUES DE LA UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
LABORATORIO DE MEDIDAS DE BAJA ACTIVIDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
UNIVERSITAT DE BARCELONA - LABORATORI RADIOLOGIA AMBIENTAL
LABORATORIO DE RADIOACTIVIDAD AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA (LARUEX)
CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS (CIEMAT). Unidad de Radioactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica
ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.
UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI. Unitat de Radioquímica Ambiental i Sanitaria
LABAQUA, S.A.

Tabla I. Laboratorios acreditados en el ámbito de la radiactividad ambiental

proceso de evaluación único, transparente, reproducible y con plena aceptación internacional. Hoy día, ya son más de 1.970 las acreditaciones otorgadas. (Para más información sobre ENAC, [www.enac.es](http://www.enac.es))

La actividad de acreditación de ENAC en el ámbito de la radiactividad ambiental se inició en el año 2000 y, en la actualidad, existen 10 laboratorios acreditados que realizan ensayos por distintas técnicas, como contador proporcional, espectrometría gamma y alfa, centelleo líquido y sólido, de radionucleidos de origen natural y antropogénico, en matrices como todo tipo de aguas, suelos, lodos, sedimentos, biota (*muestras biológicas medioambientales*), muestras minerales naturales o artificiales, soportes de muestreo de aire ambiente, fluidos biológicos y elementos de la dieta (Tabla I).

En todos estos años ENAC y el CSN, en concreto desde la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental, han venido colaborando con objeto de mejorar y optimizar el proceso de acreditación en este ámbito. Esta colaboración se extiende también a los laboratorios mediante la participación regular de ENAC en el Grupo de Trabajo integrado por los laboratorios acreditados por el propio CSN.

Otro terreno en el que la actividad de ENAC incide directamente en la protección radiológica, tiene que ver con la Dosimetría personal y ambiental. El control de los niveles de radiación recibidos por los individuos expuestos se realiza, en la mayoría de los casos, mediante una vigilancia individual por medio de dosímetros físicos de carácter pasivo. En ocasiones, si el riesgo radiológico es suficientemente bajo, puede ser suficiente con una vigilancia radiológica del ambiente en que los trabajadores desarrollan su actividad laboral. Sin embargo, en aquellas actividades que impliquen riesgo de contaminación interna se efectúa una vigilancia individual mediante métodos directos y/o indirectos. La vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes en España está regulada por el Real Decreto 783/2001, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

Los servicios de dosimetría trabajan bajo autorización del CSN, clasificándose en servicios de dosimetría interna y externa. Los primeros se basan en la medida directa de la radiactividad corporal o en técnicas de bioensayo

<b>Laboratorios de Dosimetría Externa acreditados</b>
FABRICA NACIONAL DE LA MARAÑOSA.
INSTITUT DE TEQUQUES ENERGETIQUES DE LA UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
CENTRO NACIONAL DE SANIDAD AMBIENTAL, CNSA

Tabla II. Laboratorios acreditados para la dosimetría externa personal y ambiental

mientras que los segundos se basan en sistemas de termoluminiscencia.

En la actualidad, ENAC tiene acreditados tres laboratorios para la dosimetría externa personal y ambiental (Tabla II). Además se están manteniendo diversas reuniones con un centro de referencia para iniciar el proceso de acreditación en el campo de la dosimetría interna, tanto de muestras biológicas de origen humano como de cuerpo entero. Este tipo de acreditación, novedosa en España, permitirá estar entre los pocos países Europeos que disponen de laboratorios acreditados en dosimetría interna y servirá de referencia para la futura acreditación de otros laboratorios españoles.

La colaboración conjunta y continuada entre la ENAC y el CSN se ha formalizado recientemente con la firma de un convenio para la coordinación de sus actuaciones en materia de la evaluación de la conformidad en el ámbito de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Dicho convenio regula los mecanismos de cooperación establecidos por ambas entidades tanto en aspectos técnicos relevantes para la correcta evaluación de los organismos de evaluación como para el desarrollo y perfeccionamiento de los diferentes esquemas de acreditación en los que el CSN es competente. Para ello ambas organizaciones intercambiarán información sobre los desarrollos normativos en curso que puedan incidir sobre sus campos de actuación y desarrollarán criterios de acreditación específicos dentro del ámbito de la protección radiológica, con la participación del personal técnico experto del CSN en los Comités o Grupos de Trabajo que se creen al efecto.

ENAC tendrá en consideración en sus procesos de acreditación la normativa, instrucciones o criterios técnicos emanados del CSN, armonizándolos siempre que sea posible con los requisitos establecidos en las normas de acreditación y facilitará la asistencia de personal del CSN en calidad de observador a las auditorías realizadas a Laboratorios y Entidades de Inspección.



## II Jornadas Científicas sobre "Salud Laboral y Radiaciones"

En memoria de nuestro querido Dr. Miguel Almonacid Bujeda [1956-2011]

A continuación se presenta un resumen de las ponencias desarrolladas en las II Jornadas sobre "Salud Laboral y Radiaciones" celebradas en Teruel del 15 al 17 de junio de 2011 y organizadas por el Colegio Oficial de Médicos de Teruel, Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia, Universitat de València, Lainsa e Iberdrola. Dichas jornadas se realizaron mediante la coordinación de la empresa autóctona de eventos *Conexión Imaginativa* y gracias a la ayuda económica del Consejo de Seguridad Nuclear, AGFA Healthcare, Bromatos S.L., Tecnología Aplicada a la Maquinaria S.L., Dietéticos Intersa, Gesprem, S.L., IDI Gestión y Desarrollo, Grafietic, Ortoprono, Radiaprot, Tecnatom y Sociedad Valenciana de Protección Radiológica y Radiofísica (SVPRF). Cabe destacar que se estableció una mesa redonda sobre la Red Española de Laboratorios de Dosimetría Biológica, integrada por cinco laboratorios de Madrid, Barcelona, Murcia, Galicia y Valencia, con el objetivo de fortalecer la colaboración entre ellos. La inauguración de las jornadas se llevó a cabo mediante las palabras del alcalde de Teruel, Manuel Blasco; el presidente del Colegio Oficial de Médicos de Teruel, Ismael Sánchez Hernández; la vicerectora para el Campus de Teruel, Alexia Sanz Hernández; y el director de las jornadas, Miguel Almonacid Bujeda. El Comité Organizador lo formaban el Dr. Manuel Gámez, la Dra. Alegría Montoro, el Dr. Miguel Soriano, el Dr. Juan Ignacio Villaescusa, el Dr. Ismael Sánchez y Marcelo Soto.

### Resumen de las Jornadas

1. La Dra. Almudena Real Gallego, del Ciemat (Madrid), sintetizó los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, mostrando un cambio en el paradigma de que el daño celular debido a las radiaciones no se debe exclusivamente al daño en la molécula de ADN sino a otros fenómenos como inestabilidad genética y efectos vecindad, entre otros, llamados efectos no dirigidos.
2. El Dr. José Luis Vercher Conejero, del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital La Fe, ahondó en los efectos biológicos debidos a bajas dosis de exposición a las radiaciones ionizantes, poniendo como ejemplo los posibles efectos biológicos secundarios a la terapia metabólica en el cáncer de tiroides, que son probablemente los más estudiados, no solo por la gran demanda existente en los servicios de Medicina Nuclear sino también por las altas actividades administradas en este grupo de pacientes y por la búsqueda en la armonización de las dosis administradas.
3. El Dr. Fco. Javier de la Rubia Cosmo, del Servicio de Hematología del Hospital La Fe abordó la actualidad sobre los efectos estocásticos de la radiación y oncogénesis, además de los efectos hematológicos y de la toxicidad hematológica debidos a la exposición de pacientes a las radiaciones ionizantes.
4. El Dr. Gabriel Pantelias, director del Laboratorio de Radiobiología y Biodosimetría del *National Center of Scientific Research "Demokritos"* en Atenas (Grecia), explicó el nuevo test de radiosensibilidad individual que permite clasificar a los individuos en grados de radiosensibilidad.
5. El Dr. Joan Francesc Barquiner Estruch de la Facultad de Biociencias de la Universidad Autónoma de Barcelona presentó el borrador del nuevo manual del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) sobre dosimetría biológica, y explicó la importancia de la coordinación y armonización de los laboratorios en la Red de Dosimetría Biológica en respuesta un accidente radiológico, con el objetivo de dar una respuesta rápida y eficaz en la asistencia médica a los afectados.
6. El Dr. Rafael Herranz Crespo, del Centro de Radiopatología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón (Madrid) presentó la secuencia de actuaciones a seguir desde un centro de atención médica a irradiados y contaminados ante la posibilidad de un suceso accidental que involucre a personas y que pueda provocar sobreexposición a radiaciones ionizantes. Y abordando su presentación con las consecuencias hematológicas tras un síndrome de irradiación aguda, la estimación de la dosis mediante la dosimetría biológica y las medidas a tomar en el caso de sospecha de contaminación interna.
7. Borja Bravo, junto con Cristina Navas, describieron el Servicio de Dosimetría Personal Interna de la empresa Tecnatom, que junto a la empresa Geocisa, están capacitadas y autorizadas para hacer dosimetría interna por bioeliminación, dando apoyo de esta manera a los servicios de dosimetría de las instalaciones nucleares en la vigilancia de los trabajadores profesionalmente expuestos.
8. La Dra. Alegría Montoro Pastor, presentó el estudio citogenético realizado a niños de las zonas afectadas de Chernobyl, y en los cuales a pesar de la contaminación aún existente en la zona, no se ha encontrado daño cromosómico significativo en estos niños.
9. El Dr. Juan Manuel Campayo Esteban, del Hospital Clínico Universitario y de la SVPRF expuso los riesgos radiológicos, ocupacionales y poblacionales del reciente accidente nuclear de Fukushima.
10. El Dr. Manuel Gámez Bertos, jefe del servicio médico de la Central Nuclear de Cofrentes (Iberdrola) realizó una detallada evolución de la evaluación dentro de la medicina del trabajo.
11. El Dr. Francisco Duque Colino, psicólogo Clínico del Hospital General Universitario Gregorio Marañón (Madrid), ahondó en su experiencia en la vigilancia médica mostrándonos la evaluación en la evolución y la importancia de las situaciones personales ajenas al trabajo y su influencia en el ámbito laboral.
12. El Dr. Juan José Palacios Linaza, coordinador de Psicología aplicada del Servicio de Prevención de Iberdrola,

- detalló el Proyecto Radar de Iberdrola, que permite eliminar las conductas laborales inseguras.
13. Desde el aspecto de las últimas tecnologías, José Vicente Puig Cabrelles, de Agfa HealthCare; Jesus Rodríguez Marín, de Grafietic S.L.; y José Carlos Dominguis, de IDI-Gestión y Desarrollo, explicaron las nuevas herramientas de trabajo desde los RFID (identificadores por radiofrecuencia), hasta el uso de la radiología digital, en sus aspectos medioambiental, funcional, sensitométrico, de calidad de imagen, reprocesado informático, archivo y comunicación.
  14. El Dr. José Miguel Soriano del Castillo, del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Valencia, profundizó en el uso de radioprotectores como es el caso del extracto de *propolis* y del *resveratrol* y la *curcumina*, los cuales han demostrado *in vitro* su eficacia, y en donde se está planteado su utilización conjunta a nivel dérmico para trabajadores y pacientes sometidos a radiación.
  15. El Dr. Miguel Alcaraz Baños, de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Murcia, explicó la posible utilización de técnicas citogenéticas para determinar la capacidad genoprotectora de diferentes agentes al disminuir las lesiones radioinducidas esperadas. Su grupo con amplia experiencia en este campo, ha estudiado más de una treintena de sustancias y extractos naturales para cuantificar la capacidad genoprotectora, lo que permite aumentar los niveles endógenos de antioxidantes naturales y provoca un mecanismo inocuo de protección frente a las exposiciones radiológicas, consiguiendo ampliar el concepto clásico en Protección Radiológica, denominado "daño biológico tan bajo como sea razonablemente posible, ALARA".
  16. El Dr. Alejandro Úbeda Maeso, del Servicio de Investigación-BEM del Hospital Ramón y Cajal (Madrid), expuso una charla sobre las radiaciones no ionizantes (RNI), desde la magnetoterapia hasta la radiación ultravioleta, y su exposición ocupacional en ambientes sanitarios, además del efecto de las RNI sobre la materia o tejido irradiado y las tablas de niveles de referencia para la protección ante los efectos adversos inmediatos de exposiciones agudas a RNI.
  17. Vicente Guardia Almenar, de Gesprem, S.L., mostró las medidas de exposición a RNI por parte de los trabajadores de centros de fisioterapia. Estos valores ocupacionales estimados se compararán con los niveles mostrados en la Directiva 2004/40/EC del Parlamento y del Consejo Europeos que establece los requisitos mínimos de seguridad y protección frente a los riesgos derivados de exposiciones a campos electromagnéticos para trabajadores expuestos a dichas radiaciones. Y en base a los datos se realizan las medidas de protección o de prevención que se pueden utilizar para estos trabajadores. Posteriormente Daniel Gómez Ramírez, de Radioprot, abordó los nuevos tipos de E.P.I.S para RI.
  18. La Dra. Teresa García Martínez, del Servicio de Protección Radiológica del Hospital La Fe ahondó en la necesidad de protección contra la radiación X de los trabajadores expuestos y la obligatoriedad de utilización en el terreno del intervencionismo de equipos de protección individual, "en este caso concreto delantales, precisamos evaluar tanto las propiedades atenuantes del material así como su

respuesta constante después de procesos de esterilización debido a su uso continuo en salas donde es necesario que esté estéril. Podemos concluir que el material de ensayo presenta una atenuación aceptable irradiándolo con la técnica establecida por la norma anteriormente citada y habitual en sesiones de intervencionismo. A su vez sigue conservando las propiedades atenuantes después de varias sesiones de esterilización".

Alegría Montoro Pastor y Manuel Gámez Bertos

### Muestreo de aguas frente a las costas de Fukushima

El pasado mes de junio tuvo lugar una campaña multidisciplinar para evaluar los niveles de dispersión en el mar de las sustancias radiactivas vertidas debido al accidente de la planta nuclear de Fukushima-Daiichi en la zona del Pacífico. Se trata de un proyecto coordinado por el Instituto de Investigación Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, Estados Unidos), liderado por el Dr. Ken O. Buesseler y con un equipo de 16 investigadores formado por laboratorios de los Estados Unidos, Japón y España. La campaña se desarrolló en el barco oceanográfico Kaimikai-O-Kanaloa (K.O.K), de la Universidad de Hawaii, que salió del puerto de Yokohama y se dirigió a unos 200 km de la costa este de Japón, donde se empezó el muestreo, hasta pocas millas de Fukushima.

El objetivo de la expedición a bordo del K.O.K fue recoger muestras para analizar la presencia de radionucleidos y de esta forma calcular la cantidad de radiactividad liberada al océano, su impacto potencial a la fauna marina y a la salud





humana, así como proponer modelos para comprender mejor la dispersión de la contaminación radioactiva. Se recogieron más de 1000 muestras de agua en un área que cubría unos 200 km x 200 km mar adentro desde la costa este de Japón. El muestreo se planteó de forma que se pudiera responder si los radionúclidos artificiales provenientes de Fukushima se dispersaban siguiendo la corriente de Kuroshio (una corriente oceánica similar a la corriente del Golfo del Atlántico) que nace al norte de Taiwán y se dirige al centro del océano Pacífico, lavando la costa sureste de Japón.

El grupo de investigación del Departamento de Física y del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona, dirigido por el Dr. Pere Masqué, fue uno de los laboratorios participantes. Núria Casacuberta, investigadora postdoctoral de este laboratorio, participó directamente en la campaña, colaborando en el muestreo y análisis del  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{134}\text{Cs}$  a bordo del K.O.K y recogiendo muestras para el posterior análisis de  $^{90}\text{Sr}$ . Concretamente se recogieron 60 muestras de 20 litros de agua a distintas profundidades para la determinación de las concentraciones de  $^{90}\text{Sr}$ , que en la actualidad se está llevando a cabo en la Universidad Autónoma de Barcelona, en colaboración con el Dr. Rafael García-Tenorio, de la Universidad de Sevilla. Se prevé que los resultados estarán a principios del 2012, con la intención de presentarlos públicamente al congreso internacional *Ocean Science Meeting* que tendrá lugar en Salt Lake City, en febrero de 2012.

Este proyecto, organizado por la WHOI, ha sido financiado por *Gordon and Betty Moore Foundation*, una organización fundada en el año 2000 con el objetivo de avanzar hacia la conservación ambiental y la investigación científica en todo el mundo, así como mejorar la calidad de vida en la bahía de San Francisco (EEUU). El Consejo de Seguridad Nuclear de España ha cofinanciado el trabajo de la UAB y la US.

Núria Casacuberta Arola

## Premio Príncipe de Asturias 2011 a los trabajadores de Fukushima

Los trabajadores de la central nuclear japonesa de Fukushima han sido galardonados con el Premio Príncipe de Asturias de la Concordia

El jurado encargado de otorgar el Premio Príncipe de Asturias de la Concordia 2011 considera que los trabajadores de Fukushima representan los valores más elevados de la condición humana, al tratar de evitar con su sacrificio que el desastre nuclear provocado por el terremoto y posterior tsunami que asoló Japón el 11 de marzo multiplicara sus efectos devastadores. Su valeroso y ejemplar comportamiento los ha hecho merecedores de este Premio y del calificativo internacional de "héroes de Fukushima".

Tal y como señala la nota de prensa de la Fundación Príncipe de Asturias, el comportamiento de estas personas ha encarnado también los valores más arraigados en la sociedad japonesa, como son el sentido del deber, el sacrificio personal y familiar en aras del bien común, la dignidad ante la adversidad, la humildad, la generosidad y la valentía.

Comité de redacción

## La prevención del tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos a través de nuestras fronteras: La iniciativa Megaports en España

En la actualidad, una de las mayores preocupaciones para los gobiernos y las fuerzas de seguridad de todo el mundo es la posibilidad de que material nuclear o radiactivo caiga en manos de un grupo terrorista. Todos somos conscientes de las potenciales consecuencias de que uno de estos grupos terroristas obtenga los materiales necesarios para elaborar y detonar un artefacto nuclear. Otra amenaza, por desgracia bastante más probable, es que los terroristas utilicen un Dispositivo de Dispersión Radiactiva (DDR), comúnmente conocido como "bomba sucia", compuesto por una mezcla de explosivo convencional y un material radiactivo. Generalmente, la obtención de estos materiales nucleares y radiactivos para un uso terrorista se realiza de manera ilícita, mediante el contrabando o el robo de las instalaciones nucleares y radiactivas donde se utilizan o almacenan.

El Gobierno de los Estados Unidos, uno de los objetivos principales de estos grupos terroristas, ha puesto en marcha en los últimos años una serie de programas destinados a combatir este tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos, a través de la Administración Nacional de Seguridad Física Nuclear (NNSA), perteneciente al Departamento de Energía (DoE), junto a otras oficinas y organismos de su Administración, tales como el Departamento de Seguridad Interior (DHS). Estos programas forman parte de una estrategia de protección basada en el concepto de "Defensa en Profundidad", es decir, la interposición de múltiples barreras para evitar este tráfico ilícito.

La primera de estas barreras, la "Primera Línea de Defensa", consiste en la protección física de las instalaciones nucleares y



Pórtico CAD.

radiactivas para evitar el robo de los materiales que allí se utilizan o almacenan. El objetivo del Gobierno estadounidense es colaborar con los gobiernos de aquellos países que no pueden proporcionar esta protección por sus propios medios. Un ejemplo son las instalaciones nucleares y radiactivas, tanto militares como civiles, de las antiguas repúblicas soviéticas.

En el caso de que esta primera barrera fallase, y se hubieran podido extraer estos materiales de las instalaciones, la segunda de estas barreras, la "Segunda Línea de Defensa", consistiría en evitar su contrabando. Para ello se establecerían controles en las fronteras, tanto del país en el que se sitúa dicha instalación como de los países vecinos, intentando prevenir así su libre movimiento.

La "Tercera Línea de Defensa" es la que se establecería en las propias fronteras de los Estados Unidos, para impedir, en caso de que las dos anteriores líneas fallasen, que material nuclear o radiactivo ilícito con fines terroristas pudiese entrar en territorio norteamericano.

### La Iniciativa Megaports

Uno de los programas que conforman la citada "Segunda Línea de Defensa" es la denominada "Iniciativa Megaports", cuyo objetivo principal es el proporcionar equipamiento, formación y soporte técnico, a los países que participen de dicha iniciativa, con el fin de mejorar su capacidad de detectar el tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos a través del sistema marítimo internacional, ya que esta es la vía utilizada para el transporte del 80% del tráfico comercial de mercancías.

Este objetivo se conseguiría mediante el escaneado, utilizando pórticos detectores de radiación, del tráfico de contenedores marítimos con origen en puertos de alto volumen de movimiento o alto riesgo y que tengan su destino en los Estados Unidos.

Se pretende que para el año 2016, 100 puertos en todo el mundo se hayan equipado con estos pórticos, controlando así el 50% del tráfico marítimo global\* mediante contenedores y más del 80% del tráfico con destino a las fronteras norteamericanas.

\*Esto representa, aproximadamente, 250 millones de TEU's al año. El TEU (Siglas del término de inglés "Twenty-foot Equivalent Unit") es la unidad de medida de capacidad del transporte marítimo en contenedores y equivale a un contenedor de 20 pies de largo, (Aproximadamente 38,5 m<sup>3</sup> de capacidad.)



Puerto de Algeciras.

La instalación y mantenimiento del sistema de detección, así como la formación del personal que lo opera, se realizaría de manera conjunta entre Estados Unidos y el país anfitrión, siendo financiado en su mayor parte por el Gobierno norteamericano.

### El control radiológico en las fronteras españolas

Este control es competencia, desde el año 2003, del Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales de la Agencia Tributaria, dando cumplimiento a los compromisos y acuerdos suscritos por el Gobierno español a nivel internacional, así como a la legislación vigente, entre los que se puede citar:

- El Reglamento 450/2008 del Parlamento Europeo, por el que se establece el Código Aduanero Comunitario, se establece que entre las misiones de las Autoridades Aduaneras se encuentra la de garantizar la seguridad y protección de la comunidad y de sus residentes y la protección del medio ambiente.
- La Resolución 1540 de las Naciones Unidas, aprobada por el Consejo de Seguridad en su 4956 reunión, celebrada el 28 de abril de 2004, por la que los países firmantes se comprometen a "establecer y mantener medidas apropiadas y eficaces de control fronterizo y de policía con el fin de detectar, desalentar, prevenir y combatir el tráfico ilícito de armas nucleares, químicas o biológicas y sus sistemas vectores y materiales conexos".
- El Real Decreto 229/2006, sobre fuentes radiactivas de alta actividad y fuentes huérfanas, que establece la necesidad de vigilancia, control y procedimientos de actuación en las instalaciones, lugares o situaciones en las que puedan encontrarse fuentes huérfanas.
- Iniciativa Global para Combatir el Terrorismo Nuclear\*\*, en la cual España participa muy activamente desde el año 2008 y uno de cuyos principios básicos es la mejora en las capacidades de detección del tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos.

Así, en diciembre de 2004, se firma un Memorando de Entendimiento (MoU) entre la AEAT y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DoE), cuyo objetivo es el examen de contenedores marítimos en ruta hacia puertos de Estados Unidos con el fin de detectar e interceptar el tráfico ilícito de materiales

\*\*Para obtener más información sobre esta iniciativa ver : [www.state.gov/t/isn/c18406.htm](http://www.state.gov/t/isn/c18406.htm)

Status of Megaports Cooperation with CSI and SFI					
Operational Megaports		Implementation Pending		Future Megaports	
Algeciras	Barcelona	Algeciras	Algeciras	Beijing	Brazil
Alexandria	Bahamut	Amoy	Amoy	Bratislava	Canada
Antwerp	Baltimore	Cebu	Cebu	Chennai	Canada
Bombay	Cardenas	Delhi	Delhi	Chongqing	China
Boston	Chongqing	Hong Kong	Hong Kong	Cincinnati	China
Busan	Chongqing	London	London	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China
Chongqing	Chongqing	Malaysia	Malaysia	Chongqing	China

Estado de la Iniciativa Megaports en la actualidad. Fuente: NNSA (nnsa.energy.gov)

nucleares y otros materiales radiactivos. Es decir, con este memorando, España pasa a formar parte de la Iniciativa Megaports. Como parte del acuerdo, el DoE entrega e instala en los puertos seleccionados (Algeciras, Valencia y Barcelona) los equipos y materiales adaptados para el control radiológico aduanero, mientras que la AEAT se encarga de la gestión de estos equipos, su mantenimiento, la formación del personal que opera el sistema y de la resolución de los incidentes que se produzcan en caso de una detección positiva.

### Megaports en España

Los primeros equipos fueron instalados en el puerto de Algeciras, comenzando su funcionamiento a mediados del año 2006. A finales de 2010 se encontraba ya operativo en el puerto de Valencia, y se pretende que el puerto de Barcelona se una a los anteriores a finales del año 2011.

El elemento básico del sistema son los pórticos detectores de radiación. Estos constan de dos detectores de radiación gamma y otros dos detectores de neutrones a través de los cuales se hace pasar el camión que transporta el contenedor. Desde el punto de vista radiológico, la geometría es muy similar a



Puerto de Barcelona.

la de los pórticos detectores instalados en las acerías y centrales nucleares para el control de vehículos, con los detectores emparejados dos a dos a ambos lados del vehículo.

Una de las principales diferencias de los pórticos del sistema Megaports es que, debido al enorme tráfico de camiones que entran y salen del puerto, deben instalarse varias líneas de pórticos detectores, de manera que se permita el paso simultáneo de varios camiones, además de automatizarse el proceso de identificación tanto del camión como del contenedor que transporta. De esta manera se pretende que el sistema tenga el menor impacto posible en la operativa del puerto.

En caso de que el pórtico detecte radiación en un contenedor y se produzca una alarma, toda la información recogida por el sistema se envía a un centro receptor, donde un operador, funcionario del Departamento de Aduanas, decide, tras cotejar mediante un software espe-

- cífico el perfil radiológico del contenedor con su carga declarada, si debe efectuarse una inspección secundaria o se trata de una alarma inocente y el camión puede seguir su camino.
- Si el operador decide que es necesaria una inspección secundaria, el camión se encaminará a un área exclusiva para este propósito dentro del puerto, alejada del tráfico normal de entrada/salida, donde se procedería a una inspección manual con equipos detectores portátiles con capacidad espectrométrica, lo que permitiría determinar el isótopo que ha generado la alarma.
- Esta Área de Inspección Secundaria es una novedad introducida en los puertos españoles. Aislada dentro del puerto, básicamente es un aparcamiento de camiones con capacidad para que uno o varios contenedores queden inmovilizados y protegidos, lo que permitiría una inspección concienzuda por parte, bien de los funcionarios de Aduanas, bien por parte de expertos externos. Estas Áreas de Inspección Secundaria disponen asimismo de capacidad de almacenamiento temporal seguro para el caso de que sea necesario almacenar una fuente radiactiva recogida de un contenedor.
- Protocolo de actuación en caso de una alarma positiva**
- En junio de 2010, el Consejo de Seguridad Nuclear, la Agencia Tributaria, el Ministerio del Interior, el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Industria y Enresa, firmaron el "Protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de material radiactivo en puertos de interés general".
- Dicho protocolo recoge y coordina las actuaciones que deben llevarse a cabo por las diferentes Autoridades y Organismos implicados en el caso de producirse una alarma positiva en alguno de los puertos donde se ha instalado el sistema Megaport. Fruto de la experiencia obtenida con el denominado "Protocolo de Chatarras", que gestiona las alarmas producidas en los pórticos detectores de acerías y chatarrerías por fuentes huérfanas, y que lleva vigente en España desde hace más de 10 años, este protocolo también es novedoso a nivel internacional, ya que implica a varias autoridades y organismos de muy diferentes ámbitos. De hecho son varios los gobiernos europeos que han solicitado a las autoridades españolas un

intercambio de información y experiencias, con el fin de desarrollar un protocolo similar en su territorio.

*Manuel Peña Nogales  
Técnico del Área de Seguridad Física de la Subdirección de Emergencias y  
Protección Física del Consejo de Seguridad Nuclear*

### Jornada sobre la participación española en redes de excelencia de I+D europeas

El pasado 21 de septiembre se celebró en el Salón de Actos del Ciemat la Jornada sobre la participación Española en redes de excelencia de I+D europeas. La jornada fue organizada por la SEPR y el Ciemat, con la colaboración del CSN y la Universidad Politécnica de Madrid.

En la inauguración de la jornada participaron Juan Carlos Lentiño, director técnico de Protección Radiológica del CSN; Javier Quiñones, subdirector general de Seguridad y mejora de las instalaciones del Ciemat; Marisa España, presidenta de la SEPR y Eduardo Gallego, profesor titular de la Universidad Politécnica de Madrid.

Las presentaciones técnicas se centraron en las cuatro Redes de Excelencia financiadas por la UE (6-7º Programa Marco de Investigación Euratom) en la que participan grupos de investigación españoles: STAR (*Strategy for Allied Radioecology*); NERIS (*Nuclear and Radiological Emergency response and Recovery*); MELODI (*Multidisciplinary European Low Dose Initiative*) y ENETRAP-II (*European Network on Education and Training in Radiological Protection*).

La Red de excelencia STAR (*Strategy for Allied Radioecology*) fue presentada por Almudena Real, del Ciemat, participante española en la Red. STAR comenzó en febrero de 2011 y tiene una duración prevista de cuatro años y medio. En ella participan nueve instituciones pertenecientes a ocho países europeos.

Esta Red está centrada en la radioecología, que es una ciencia multidisciplinar que estudia el transporte medioambiental, el destino final y los efectos de los contaminantes radioactivos en los humanos y la biota. STAR constituye la primera etapa de un proyecto más ambicioso, la Alianza Europea en Radioecología ([www.er-alliance.org](http://www.er-alliance.org)), constituida es sus inicios por ocho organizaciones europeas, entre ellas el Ciemat. El objetivo de la alianza es mantener de forma sostenible la radioecología, de tal manera que se cubran las necesidades de los reguladores, la sociedad y la industria en Europa. Para alcanzar este objetivo, los miembros de la alianza reunirán parte de sus respectivos programas de I+D en un programa integrado transnacional, elaborando una Agenda Estratégica de Investigación para los próximos 15-20 años, que marque las prioridades de la investigación en radioecología. Es importante resaltar que la alianza pretende una integración a nivel internacional, estando abierta a cualquier organización o grupo de investigación interesado.

La Red de excelencia STAR consta de siete grupos de trabajo: WP1-Coordinación de la Red; WP2-Integración e Infraestructura; WP3-Protección Radiológica integrada de humanos y no-humanos; WP4-Protección Radiológica en un contexto de múltiples contaminantes; WP5- Efectos ecológicamente relevantes de dosis bajas; WP6-Movilidad, formación y educación; WP7-Diseminación del conocimiento y de los datos.



Javier Santos.



Marisa Marco.

Un objetivo estratégico de STAR es la integración, para lo que se han puesto en marcha diversos mecanismos: propuesta de nuevas líneas de investigación interdisciplinar; uso compartido de infraestructuras, instalaciones y equipamientos; aumentar la movilidad de los científicos de diversas áreas; proporcionar un programa integrado de formación y educación; desarrollar métodos virtuales e interactivos de trabajo para promover la comunicación y gestionar y usar de forma conjunta el conocimiento existente. Una herramienta de integración importante que va a ser desarrollada durante STAR es la creación de observatorios radioecológicos (emplazamientos en los que poder llevar a cabo trabajos de investigación), que fomenten una cooperación innovadora y con ello poder crear un Área de Investigación Europea en Radioecología sostenible.

La Plataforma NERIS-TP (*European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*), fue presentada por Milagros Montero, del Ciemat y Eduardo Gallego de la Universidad Politécnica de Madrid, participantes de la Red en España. La misión de la Plataforma es establecer un foro para el diálogo y el desarrollo metodológico entre todas las organizaciones y asociaciones europeas que participan en la toma de decisiones respecto a las acciones de protección en caso de emergencia nuclear y radiológica y la recuperación en Europa. Esta plataforma se creó en 2010 y en ella participan, hasta la fecha, 37 organizaciones de 20 países.

Entre los objetivos estratégicos de NERIS se encuentran a) mejorar la eficacia de los actuales planteamientos europeos, nacionales y locales; b) promover enfoques más coherentes en Europa mediante el establecimiento de actividades en red; c) mantener y mejorar los conocimientos y experiencia técnicos entre todas las partes interesadas en Europa, mediante el desarrollo de un programa de formación supranacional; d) identificar las necesidades de nuevos desarrollos y hacer frente a desafíos nuevos y emergentes, mediante la organización de talleres dedicados a temas de I+D .

En febrero de 2011, comenzó el Proyecto de Colaboración NERIS, en el que participan 19 instituciones pertenecientes a 13 países europeos, y que cuenta con financiación tres años.

Los objetivos de NERIS son llevar a cabo actividades de investigación para mejorar la gestión de emergencias en el

nivel local y nacional, así como apoyar el funcionamiento de la Plataforma NERIS-TP con el fin de que sea sostenible en el largo plazo.

Dentro del WP3 "Procesos y herramientas para la preparación de emergencias y posterior recuperación a nivel local", los participantes españoles tienen previsto realizar diversas tareas, con el objetivo último de adaptar y personalizar las herramientas existentes a nivel local y a las peculiaridades de España.

Entre las herramientas de apoyo para la toma de decisión existentes destacan los sistemas Jrodos y Moira. El sistema Jrodos permite la presentación y evaluación de las consecuencias de accidentes nucleares o radiológicos. Ha mostrado ser una herramienta eficaz, flexible y de uso homologado a nivel europeo para ayudar en la gestión de las emergencias nucleares y radiológicas y en la posterior rehabilitación de los entornos contaminados, tanto en el nivel nacional de respuesta en la primera fase de la emergencia como a nivel regional/local en la preparación de las emergencias y recuperación del entorno con el concurso de los interlocutores sociales interesados. El sistema Moira, se refiere específicamente al problema de la contaminación radiactiva a medio y largo plazo de sistemas acuáticos de agua dulce, fue diseñado para permitir una evaluación realista del impacto radiológico, ecológico, social y económico de las posibles estrategias de gestión, de forma racional y lo más completa posible. Ambos sistemas han sido preparados para su aplicación en España, y están instalados en la Salem del Consejo de Seguridad Nuclear.

La plataforma MELODI (*Multidisciplinary European Low Dose Initiative*) fue presentada por Javier Santos, de la Universidad Autónoma de Madrid. Melodi se creó en 2009 y en ella participan actualmente 15 organizaciones, si bien este número es dinámico ya que la plataforma está abierta a nuevos socios.

La misión de Melodi es coordinar y promover investigación en Europa sobre los riesgos asociados con las exposiciones a dosis bajas de radiación ionizante. Los tres objetivos principales de Melodi son: a) priorizar, promover y coordinar la investigación de riesgos de dosis bajas en Europa, mediante una aproximación abierta e integradora, adoptando una Agenda Estratégica de Investigación; b) crear un foro de diálogo con instituciones de la UE y los grupos interesados; c) servir de Interfase con miembros internacionales (WHO, OIEA, EEUU, Japón)

La plataforma de investigación Melodi surge por tres razones fundamentales. Por un lado la importancia, reconocida a nivel internacional, de la investigación sobre los riesgos a la exposición a bajas dosis de radiación. Además, si bien muchos de los estados miembros de la Unión Europea tienen actividades de investigación en esta área, se ha hecho poco por integrar este tipo de programas de investigación, más allá del programa Euratom. Por último, el creciente uso de la fisión nuclear en la producción de energía y la aplicación de radiaciones ionizantes en la medicina, han acentuado la necesidad de revitalizar y coordinar las capacidades de investigación para hacer frente a la cuestiones clave a nivel estratégico en Europa.

Una importante herramienta operativa para la creación de la plataforma Melodi es la Red de Excelencia DoReMi que está financiada por el 7º PM Euratom. DoReMi comenzó inicialmente con 12 miembros, pero se espera ampliar este número hasta que finalice su financiación en 2015.

- Melodi está actualmente desarrollando un borrador de Agenda Estratégica de Investigación. Dicha agenda tiene el objetivo de servir de guía para la integración coherente de las estrategias nacionales de I + D en bajas dosis, y para facilitar el proceso de preparación de las convocatorias Euratom en este campo. En la Agenda Estratégica de Investigación se han identificado diversas prioridades científicas relacionadas con: a) la relación entre la dosis-respuesta y la radiosensibilidad tisular al cáncer; b) variabilidad individual en la susceptibilidad genética al cáncer; c) calidad de la radiación; d) riesgo de exposición interna; y e) otros efectos diferentes al cáncer.

- En España se han puesto en marcha, en el contexto de Melodi, diversas iniciativas como la de promover la creación de una plataforma nacional de I+D+I de riesgos por bajas dosis de radiación, habiéndose creado una red informática gestionada por el Consejo de Seguridad Nuclear ([www.csn.es/csnMELODI](http://www.csn.es/csnMELODI)). El acceso a esta red está limitada a los laboratorios/instituciones que han mostrado interés en participar en dicha iniciativa, si bien está abierta a nuevos socios.

- La Red de Excelencia ENETRAP-II (*European Network on Education and Training in Radiological Protection*) fue presentada por Marisa Marco y Cristina Llorente del Ciemat. El proyecto comenzó el 1 de marzo de 2009 y tiene tres años de duración. En él participan 12 instituciones.

- El objetivo de Enetráp-II es asegurar el conocimiento de alto nivel en protección radiológica (PR) en el futuro, es necesario el establecimiento de una infraestructura sostenible para la formación y entrenamiento en PR.

- Las actividades de la red van dirigidas a: a) desarrollar e implementar "estándares de referencia" de alta calidad y buenas prácticas de formación y educación (F&E) en PR; b) ayudar en el reconocimiento profesional entre países de los RPE (*Radiation Protection Expert*) y RPO (*Radiation Protection Officer*) según el ámbito de aplicación; c) garantizar la transparencia y eficiencia en el reconocimiento entre países europeos, mediante el diseño y uso de un "pasaporte de formación en protección radiológica".

- Enetráp-II consta de 10 grupos de trabajo: WP1: coordinación del proyecto; WP2: definir requerimientos y metodología para el reconocimiento de los RPE; WP3: definir los requerimientos para las competencias de los RPO y establecer guías para una formación adecuada de los RPO; WP4: establecer los estándares de referencia para la formación de los RPE; WP5: desarrollar y aplicar mecanismos para la evaluación del material de formación, los eventos y los proveedores; WP6: crear una base de datos para eventos formativos y proveedores de cursos de formación de acuerdo con los estándares acordados; WP7: desarrollo de algunos ejemplos de material para cursos (libros de texto, módulos de e-learning, etc.); WP8: organizar sesiones piloto para probar las metodologías propuestas y hacer un seguimiento de la eficacia del esquema de formación; WP9: pasaporte de formación y un sistema de reconocimiento mutuo de los RPE; WP10: colaboración para construir generaciones innovadoras de especialistas en protección radiológica.

- Ciemat lidera el WP6 de Enetráp-II, encargado del desarrollo de la base de datos europea de eventos formativos y proveedores de formación en PR. La base de datos, que en la

actualidad ya está desarrollándose, consta de tres módulos: a) módulo de base de datos (BD), donde se almacenará la información relativa a los eventos y proveedores de formación; b) módulo de mantenimiento, permite a los usuarios el mantenimiento de la información contenida en el módulo de BD. Permite el acceso a tres tipos de roles, que serán la clave para el mantenimiento auto-sostenible del sistema; c) módulo de búsqueda web, portal web donde los usuarios finales podrán hacer sus búsquedas de información atendiendo a diversos criterios.

Enetrap-II es parte de un proyecto más grande, la Fundación Euterp constituida en 2010, la cual aspira a convertirse en el futuro en una red europea de armonización de criterios y requisitos para el reconocimiento mutuo de los profesionales de la protección radiológica. En la actualidad la fundación cuenta con 140 miembros (industria, sector médico, investigación, centros de formación, proveedores de formación y educación, autoridades, etc.).

Destacar que las cuatro redes presentadas durante la jornada, y las plataformas en las que se integran, definirán las líneas prioritarias de I+D en cada uno de los temas que tratan, siendo por ello de gran relevancia la participación de diversas instituciones españolas en dichas Redes de Excelencia.

*Almudena Real. Ciemat  
Comité organizador de la Jornada*

### Protección Radiológica y Salud

Del 4 al 6 de julio se celebró en el Palacio de la Magdalena de Santander el curso "Protección Radiológica y Salud". Este evento fue organizado por el Consejo de Seguridad Nuclear, en colaboración con el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos ENRESA; y el Instituto de Salud Carlos III, encontrándose acreditado por el Ministerio de Educación para profesores de enseñanzas no universitarias

Dado el aumento de la utilización de radiaciones ionizantes en Medicina, la adecuada utilización de los principios de justificación y optimización de las exposiciones a radiaciones ionizantes en este ámbito tiene una especial relevancia en la actualidad. Por tanto, los objetivos del curso fueron ofrecer una puesta al día sobre los retos y oportunidades que plantea el aumento de la utilización de las radiaciones ionizantes en medicina. Para ello se utilizaron dos líneas de trabajo: la primera relativa a las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en medicina, su justificación y evolución; y la segunda relacionada con la protección radiológica de los pacientes, trabajadores y miembros del público, incluyéndose la gestión de los residuos radiactivos provenientes de las prácticas médicas. Estas líneas se desarrollaron abordando diversos aspectos, incluyendo las técnicas más novedosas que utilizan radiaciones ionizantes en el ámbito médico, la situación y avances en protección radiológica, la percepción del riesgo y los retos futuros

El curso estuvo dirigido a estudiantes y profesionales interesados en la utilización de radiaciones ionizantes en el diagnóstico y tratamiento médico y en la protección frente a los efectos que pueden derivarse de los mismos. El encuentro, que fue inaugurado por Jorge Lang Lenton, director de la División de Administración de Enresa, y Miguel Ángel Cabo López, secretario general del Instituto de Salud Carlos III, desarrolló su programa contando con un profesorado constituido por profesionales del más alto nivel en las diferentes especialidades. Los diferentes temas suscitaron un amplio debate entre los asistentes lo que demuestra la necesidad de seguir desarrollando la protección radiológica en las aplicaciones médicas, tanto en las exposiciones médicas como ocupacionales y del público. El curso fue clausurado por Carmen Amela, directora general de Salud Pública y Sanidad Exterior del Ministerio de Sanidad, Política social e Igualdad; Carmen Martínez Ten, presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, y Salvador Ordóñez, rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo.

*Comité de redacción*

## NOTICIAS de I M U N D O

### Reunión Plenaria ISO/TC85/SC2 2011 Canadá y participación española

El Comité ISO/TC 85/SC 2, de Protección Radiológica de la Organización Internacional de Normalización (ISO), *Radiological protection of individuals and the environment against all sources of ionizing radiation, including medical activities*, está formado por expertos mundiales de 24 países más seis que participan como observadores.

El ISO/TC 85, que acaba de cambiar su denominación de *Nuclear Energy* a *Nuclear Energy, nuclear technologies, and radiological protection* tiene en el AEN/CTN 73 de Aenor su equivalente (o comité espejo) español, formado en la actualidad 20 miembros expertos en distintas áreas.

Del 24 al 29 de abril, se celebró la reunión plenaria anual de 2011, en Niagara Falls (Canadá), con la participación de

88 delegados, cuatro de ellos españoles, de 26 países. Las resoluciones más importantes en esta reciente reunión plenaria anual, desde el punto de vista de la representación española, implican la participación de nuestros delegados en el desarrollo de una treintena de normas internacionales, algunas ya lanzadas, otras en proyecto y otras bajo proceso de revisión. El contenido y estado de desarrollo de estas normas ISO, discutidas y elaboradas en el seno de los diferentes grupos de trabajo, se resumen por cada delegado a continuación:

**WG13 Monitoring and dosimetry for internal exposure (M<sup>a</sup> Antonia López, CIEMAT, Madrid)**

El grupo de trabajo WG13 acaba de terminar los dos proyectos sobre normas relacionadas con la dosimetría interna ocupacional, que han sido publicadas en 2011: ISO 28218 "Performance Criteria for Radiobioassay" e ISO 27048 "Dose Assessment for the Monitoring of Workers for Internal Radiation



Exposure". Además se trataron los dos nuevos proyectos ISO sobre futuras normas en Dosimetría Interna relacionadas con materiales específicos como el Uranio y dosimetría en actividades médicas.

#### **WG17 Radioactivity measurements (Margarita Herranz, UPV, Bilbao)**

Actualmente, el grupo se encuentra trabajando en la revisión sistemática de las normas ISO 18589-2 y 3 sobre medidas de radiactividad en suelos e ISO 7503-1, 2 y 3 sobre evaluación de contaminación superficial. Además se comentó el desarrollo de nuevas normas sobre medidas de radiactividad en el medio ambiente especialmente relacionadas con el Radón y se propusieron nuevos proyectos que serán discutidos y desarrollados en próximas reuniones.

#### **WG18 Biological Dosimetry (Mercedes Moreno y M<sup>o</sup> Jesús Prieto, Hospital Gregorio Marañón, Madrid)**

Se discutieron tres proyectos de norma internacional: ISO 19238 "Performance criteria for service laboratories performing biological dosimetry by cytogenetics", ISO 17099 "Performance criteria for laboratories using the cytokinesis-blocked micronucleus assay in blood lymphocytes for biological dosimetry" e ISO 17136 "BioDosCal".

#### **WG22 Dosimetry and related protocols in medical applications of ionizing radiation (Raquel Barquero, Hospital del Río Hortega, Valladolid)**

Se discutieron cinco proyectos de norma internacional ISO sobre fuentes de braquiterapia, películas radiocrómicas, dosimetría en pacientes de radiología, dosimetría de termoluminiscencia en radioterapia y estimación de dosis en tratamientos metabólicos con I-131, también para la familia y allegados del paciente, además de nuevas propuestas acerca de control de calidad de activímetros y armonización de magnitudes dosimétricas en radiología médica.

#### **WG24 Remote handling devices for nuclear applications (José De No, CAR-CSIC, Madrid)**

ISO/TC 85/SC 2 aprobó en su reunión plenaria anterior la elaboración de una nueva parte, la 6 relativa a "Telerobotics Systems for Nuclear Applications", de la Norma ISO-17874 "Remote Handling devices for Radiactive Materials" y ha aprovechado la reunión de Niagara Falls para recoger las posiciones y aportaciones de expertos de Canadá y USA en el desarrollo de la norma que se espera publicar en 2015.

#### **Advisory Group (Raquel Barquero, Hospital del Río Hortega, Valladolid, Experta Delegada)**

En la reunión del Advisory Group se confirmó la propuesta del nuevo proyecto para el grupo de trabajo WG14 sobre medidas de radionucleidos gaseosos en efluentes y se comentó la posibilidad de un nuevo proyecto acerca de cualificación y acreditación para trabajar con radiaciones ionizantes. También se presentó un desarrollo de la aplicación informática ISO TOOLS livelink "for the communication of documents within working groups".

Como último dato a reseñar, el acuerdo alcanzado acerca de la convocatoria para la próxima reunión anual del comité que se celebrará en París, del 4 al 8 de Junio de 2012.

Comité de redacción

## **Reunión del Comité de Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH) de NEA/OECD**

El comité se reunió los días 17 a 19 de mayo de 2011 en el Centro de Conferencias de la NEA/OECD en París bajo la presidencia de Ann McGary (Irlanda).

Como es habitual en las últimas reuniones internacionales se trató específicamente en una Sesión de Actualidad/Monográfica de un día completo el accidente de la central de Fukushima. Hubo presentaciones de expertos japoneses sobre el desarrollo del accidente, sus consecuencias radiológicas y los aspectos de gestión de la emergencia.

En una segunda parte se presentaron algunas reacciones por parte de los países miembros de NEA y de las organizaciones internacionales, así como también los puntos de vista de los comités técnicos de la propia NEA relacionados con las emergencias.

Se decidió crear un grupo de expertos específico para considerar e identificar los aspectos de protección radiológica del accidente y sugerir las organizaciones que estarían mejor posicionadas para abordarlas. Se presentarían sus conclusiones en la próxima reunión de marzo 2012.

También hubo cuestiones específicas presentadas por la delegación japonesa referidas sobre todo a los aspectos de recuperación que serán enviadas más detalladas a la secretaría para consulta.

Una posible conclusión que surgió de la reunión referida a la armonización entre los organismos internacionales sería:

• Unsear: Dosis y Efectos

• ICRP: Cómo implantaron sus Recomendaciones.

• OIEA: Aspectos tecnológicos, seguridad nuclear.

• NEA: Aspectos operacionales, utilización de recursos limitados.

### **INFORMES DE LOS COMITÉS TÉCNICOS Y GRUPOS DE TRABAJO EXISTENTES**

#### **1.- Gestión de emergencias**

• Grupo de Trabajo sobre Gestión de Emergencias (WPNEM).

• Se aprobó un plan de trabajo que incluye trabajo relacionado con Fukushima de forma coordinada con el grupo *ad-hoc* creado.

• Sobre los temas de trabajo en marcha se presentaron aspectos del ejercicio INEX 4, la aplicación de las recomendaciones internacionales sobre emergencias y se aprobaron los programas para el próximo año.

• Revisión de Pares sobre la Guía Codirpa de ASN de Francia. Se presentaron las conclusiones que han sido positivas y algunos comentarios de interés evaluados.

• Resultados del *Workshop* sobre la participación de *stakeholders* en la gestión de emergencias celebrado en octubre 2010, que merecieron algunos comentarios.

#### **2.- El Sistema de Protección Radiológica**

• Se presentó el estado actual referido al trabajo de NEA en la revisión de las Normas Básicas Internacionales. Se recomendó que el Comité Director de NEA apruebe el co-patrocinio de NEA después de que sea aprobada por la Junta de Gobernadores del OIEA y que se verifique que no se hayan introducido modificaciones significativas sobre la versión 5.0.

• Se propuso postergar el 3<sup>o</sup> *Workshop* sobre Ciencia y Valores en protección radiológica al primer trimestre del 2012 incorporando los aspectos de interés de Fukushima.

### 3- Futura estrategia del Comité CRPPH

Se discutió un documento ya presentado en la reunión anterior modificado teniendo en cuenta los comentarios.

Se produjo una importante discusión sobre si el Comité podría dedicarse a las cuestiones de aplicaciones médicas y hubo opiniones contrarias ya que existen otros organismos dedicados al tema.

Otros temas que surgieron se refieren a bajas dosis, tritio, recomendaciones de ICRP, trabajadores externos, etc. Pero se inclina en dar la máxima importancia al accidente de Fukushima.

La presidencia decidió de dejar la decisión final del futuro programa para la próxima reunión.

### 4- Exposición de trabajadores y público

El Comité ISOE (*International System on Occupational Exposure*) el cual tiene como principal función el intercambio de información y experiencia sobre la gestión de la exposición de trabajadores. El centro asiático del ISOE ha actuado asesorando a la operadora de Fukushima, en particular sobre el trabajo en zonas de alta radiación. Este tema se retiene para continuar en soporte de Fukushima.

El Comité EGOE (*Expert Group on Occupational Exposure*) informó sobre sus actividades. Se hizo notar que el estudio de caso 2 sobre Restricción de Dosis ha finalizado y listo para publicación y se propuso un Caso 3 sobre aspectos prácticos claves de políticas y operacionales.

El Comité EGBAT (*Expert Group on Best Available Technology*) presentó un informe sobre la gestión de efluentes y la organización de un workshop previsto para Enero 2012.

### 5- Otras áreas de interés

Se presentaron y discutieron de otros Grupo de Expertos ad.hoc sobre la exclusión de reactores en desmantelamiento de la Convención de París, productos de consumo conteniendo material radioactivo, protección del medio ambiente y reunión con el Comité RWMC sobre aspectos de protección en la gestión de residuos radiactivos.

En este último aspecto se decidió que el tema de actualidad/monográfico para la reunión del 2012 sea sobre los criterios de protección para la gestión a largo plazo de los residuos radiactivos.

### MIEMBROS DEL LA MESA EJECUTIVA (BUREAU) Y PRÓXIMA REUNIÓN

Se aprobó que Sigurdur Magnusson siga en el Bureau por un próximo periodo y se acordó que el comité se reunirá del 21a 23 de marzo de 2012.

*David Cancio, Pedro Carboneras, Manuel Rodríguez, miembros del Comité.*

## Se han aprobado las nuevas Normas Básicas de Seguridad Radiológica del OIEA

En la reunión de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) del pasado 12 de septiembre se aprobaron las nuevas Normas de Seguridad Radiológica (BSS<sup>1</sup>) del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Se completa así un proceso de revisión que se inició en abril de 2006 cuando, en la 20ª Reunión del Comité de Normas

de Protección Radiológica del OIEA (RASSC) se alcanzó un acuerdo en cuanto a la necesidad de revisar las BSS entonces vigentes con objeto de:

- Adaptar dichas normas a las nuevas recomendaciones de ICRP que, aunque en aquella fecha aún no estaban aprobadas, ya tenían una estructura y contenido claramente definidos.

- Asegurar la necesaria consistencia entre dichas normas y los desarrollos normativos del OIEA en los últimos años (Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las fuentes de radiación, Fundamentos Unificados, etc.).

En el proceso de revisión han participado, además del OIEA, las organizaciones internacionales que copatrocinaron las anteriores BSS<sup>2</sup> y además, como posibles copatrocinadores de las nuevas BSS, la Comisión Europea y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Como hitos más relevantes del proceso de revisión de las BSS hay que señalar que:

- En octubre de 2006 se constituye una Secretaría Conjunta de la que forman parte todas las organizaciones internacionales anteriormente citadas.

- En diciembre de 2006 se aprueba una guía de elaboración (DPP) en la que se define la estructura, contenido y el alcance de las nuevas BSS, así como el calendario para su elaboración.

- En julio de 2008 se completa y distribuye para comentarios de los comités técnicos del OIEA el borrador 1, sobre el que se reciben en torno a 1200 comentarios.

- En mayo de 2009 se completa y distribuye para comentarios de los comités técnicos del OIEA el borrador 2, sobre el que se reciben en torno a 500 comentarios

- En octubre de 2009 se completa y distribuye para comentarios de los comités técnicos del OIEA el borrador 2.5, sobre el que se reciben en torno a 1000 comentarios.

- En enero de 2010 se completa y distribuye para comentarios de Estados Miembros del OIEA el borrador 3, sobre el que se reciben en torno a 1500 comentarios.

- En noviembre de 2010 se completa y distribuye para comentarios de los comités técnicos del OIEA el borrador 4, sobre el que se reciben en torno a 250 comentarios. Dicho borrador fue discutido en la 29ª reunión de RASSC (diciembre 2010) en la que se acordó que una vez introducido una serie de modificaciones, el borrador resultante fuera remitido a la Comisión de Normas de Seguridad (CSS).

- En marzo de 2011 se completa y distribuye a la CSS el borrador 5. Dicho borrador fue discutido en la reunión de la CSS del pasado mes de mayo donde se acordó su remisión a la Junta de Gobernadores para su aprobación final.

Las nuevas BSS establecen los requisitos para la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación y, como aspectos más relevantes de las mismas, cabe señalar.

<sup>1</sup> Acrónimo de la expresión "Basic Safety Standards"

<sup>2</sup> Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Organización Internacional de Trabajo, Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud.

- Incorporan el nuevo sistema de protección radiológica y la nueva denominación de situaciones (planificadas, existentes y de emergencia) establecidos en las Recomendaciones Básicas de ICRP-103.
- Revisan a la baja el límite de dosis al cristalino para trabajadores expuestos (20 mSv por año promediados en cinco años sin superar 50 mSv en un año), en consonancia con lo establecido en el ICRP Statement on Tissue Reactions (abril 2011).
- Incorporan unos requisitos en relación con el control del radón, en situaciones planificadas y en situaciones existentes, que son consistentes con lo establecido en el ICRP Statement on Radon (noviembre 2009).
- Contienen exclusivamente requisitos (*shall*), en consonancia con lo establecido en el documento en el que se establece la nueva visión y estrategia de las normas del OIEA (marzo 2003)<sup>3</sup>.
- Contienen dos tipos de requisitos, unos de carácter principal (*overarching requirements*) que se presentan en negrita, y otros de carácter complementario (*other requirements*) que se presentan en letra normal y que desarrollan lo establecido en los requisitos principales.
- Incorporan los diez principios de seguridad contenidos en los Fundamentos Unificados de Seguridad (Vol. SF-1 de la colección de normas del OIEA).
- Incorporan, directamente o mediante referencias cruzadas, los requisitos previamente establecidos en otras normas del OIEA (de la misma jerarquía) en las que se abordan áreas como emergencias, residuos, desmantelamiento, transporte o infraestructura reguladora.
- Incorporan requisitos en relación con la protección del medio ambiente, en consonancia con lo establecido en las Recomendaciones Básicas de ICRP-103.

Las BSS están orientadas al tipo de situaciones (planificadas, emergencia y existentes) de modo que, en cada una de las secciones donde se abordan los distintos tipos de situaciones, se abordan de forma sucesiva la exposición ocupacional, la exposición del público y (solo en el caso de las situaciones planificadas) las exposiciones médicas. Incluyen asimismo una sección principal en la que se abordan los requisitos genéricos, aplicables a todas las tipos de situaciones.

Ignacio Amor

## IARC incluye las radiaciones de radiofrecuencia en la categoría de “posibles agentes cancerígenos”

El mes de mayo pasado un panel internacional compuesto por 30 científicos se reunió en Lyon, en la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), con el fin de evaluar la infor-

<sup>3</sup>Esta circunstancia fue objeto de notable debate en la primera fase de la revisión. Mientras que las anteriores BSS contenían requisitos (*shall*), recomendaciones (*should*) y notas explicativas y constituían por tanto un documento autoconsistente, las nuevas BSS solo contienen requisitos lo que supone una pérdida de autoconsistencia que obligará a tener que acudir a documentos adicionales (guías de seguridad) para ver las recomendaciones y notas explicativas asociadas a los distintos requisitos, que antes eran parte integrantes de las BSS.

mación disponible sobre el potencial carcinógeno de las radiaciones no ionizantes en el espectro de las radiofrecuencias (RF).

La exposición a radiación RF (30 kHz - 300 GHz) se debe al uso de dispositivos personales (teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos, Bluetooth, emisoras de radioaficionados...) y a fuentes emisoras, propias de determinados medios ocupacionales (alta frecuencia dieléctrica, calentadores de inducción, radares de alta potencia o aplicaciones médicas), o presentes en el ambiente general, tales como estaciones base de telefonía móvil y antenas de transmisión. Para la población en general las mayores potencias de exposición provienen de transmisores que se utilizan en proximidad al cuerpo, como los teléfonos y otros equipos portátiles de comunicación inalámbrica. Las potencias de las señales recibidas de torres con instalaciones de telefonía móvil y estaciones base, o de las estaciones de radio y televisión, son típicamente varios órdenes de magnitud inferiores a las recibidas de los teléfonos móviles cuando estos son aplicados directamente al oído durante su uso.

Efectivamente, la proximidad de un teléfono móvil a la cabeza durante una comunicación de voz puede dar lugar a una exposición RF de energía relativamente elevada (alta tasa de absorción específica, SAR) en el cerebro. La cantidad de energía absorbida y las características de la exposición dependen del diseño y la posición del teléfono y de su antena en relación con la cabeza, de como se sostiene el teléfono, de la anatomía de la cabeza, de la calidad de la conexión entre la estación base y el teléfono, de las características radioeléctricas del entorno y de la duración de la llamada. En los niños el promedio de deposición de energía RF en el cerebro es dos veces mayor que en adultos, y hasta diez veces más alta en la médula ósea craneal. El uso de kits de manos libres reduce la exposición del cerebro a niveles inferiores al 10% de los recibidos cuando el teléfono se aplica directamente al oído.

La evidencia epidemiológica de una asociación entre exposición crónica a RF e incidencia elevada de determinados tipos de cáncer, proviene de diferentes estudios en los que los sujetos se habían visto expuestos a RF en medios ocupacionales, en el ambiente en general o por el uso de tecnologías de comunicación inalámbrica (teléfonos móviles e inalámbricos); siendo esta última la forma de exposición más ampliamente estudiada. Según la metodología aplicada, existen tres modalidades de estudios epidemiológicos: estudios de cohorte, estudios caso-control y estudios de análisis de tendencias temporales. En los primeros se compara la frecuencia de una enfermedad o de una condición determinada entre dos poblaciones, una de las cuales está expuesta a un determinado factor de interés (factor de riesgo) al que la otra población no está expuesta. En los estudios caso-control la proporción de sujetos expuestos al factor de riesgo dentro del grupo de “casos”, que presenta la enfermedad, se compara con la proporción de expuestos del grupo “control”, que no ha desarrollado tal enfermedad. En los estudios de análisis de tendencias temporales, la exposición de diferentes grupos de personas al agente estudiado, en diferentes intervalos temporales, permite generar hipótesis acerca de los posibles factores de riesgo que estarían implicados en la dolencia o condición específica evaluada.

A fin de valorar la posible asociación entre el uso de teléfonos móviles y la incidencia de glioma, el panel de expertos

comisionados por IARC analizó seis estudios epidemiológicos: un estudio de cohorte (Schuz et al., 2006) y cinco de tipo caso-control. En tres de los estudios caso-control el período de uso del teléfono era corto, de forma que exposición acumulativa de los usuarios era baja y las estimaciones del efecto eran en general imprecisas. En consecuencia, el panel de IARC consideró que esos tres estudios eran poco informativos. Tampoco se consideraron suficientemente informativos el estudio de cohortes y los análisis de tendencias temporales, éstos últimos no mostraron un aumento en la tasa de tumores del cerebro que pudiese corresponderse con el incremento en el uso del teléfono móvil. Sin embargo, la mayoría de los estudios analizados solamente examinaban tendencias en intervalos temporales cortos, por lo que resultarían poco útiles si el riesgo sólo se manifestase después de un decenio de uso del teléfono, o si el riesgo sólo afectase a un determinado subconjunto de tumores cerebrales o a una pequeña fracción de la población, por ejemplo, a sujetos altamente expuestos.

El estudio INTERPHONE (INTERPHONE Study Group, 2010) mereció un análisis detallado por parte del panel. Se trata de un estudio caso-control multicéntrico coordinado por IARC, que ha representado la investigación más amplia hasta el momento sobre el uso de teléfonos móviles y la incidencia de tumores cerebrales de los tipos glioma, neuroma acústico, y meningioma. En el análisis agrupado se usaron datos de 2708 casos de glioma y 2972 controles. Comparando a aquellos sujetos que siempre utilizaban el teléfono móvil con los que nunca lo hacían se obtuvo un odds-ratio (OR) para glioma de 0,81 (intervalo de confianza, IC, 95%: 0,70-0,94). Es decir, no se detectó incremento del riesgo asociado al uso del teléfono. En términos de tiempo acumulado de llamada, los OR estaban uniformemente por debajo de la unidad para todos los deciles de exposición<sup>1</sup>, excepto para el decil más elevado (más de 1640 horas de uso). Para este grupo el OR para glioma fue 1,40 (IC 95%: 1,03 – 1,89), es decir, un incremento del riesgo de un 40 %. Los datos sugerían, además, la existencia de un riesgo incrementado para la exposición ipsilateral (usuarios que desarrollaron el tumor en el mismo lado de la cabeza en que aplicaban el teléfono) y para tumores en el lóbulo temporal, donde la exposición a RF es más alta. Las asociaciones entre la incidencia de glioma y la energía absorbida en la localización del tumor fueron examinadas en un subgrupo de 553 casos (Cardis et al., 2011). El valor de OR para el glioma aumentaba con la dosis de RF para sujetos cuya exposición se había iniciado 7 o más años antes del diagnóstico, mientras que no hubo asociación con la dosis estimada para las exposiciones iniciadas menos de 7 años antes del diagnóstico.

El panel también valoró un trabajo sueco que presentaba un análisis combinado de dos estudios caso-control, muy similares en su metodología y aproximación, sobre asociación entre el uso de teléfonos móviles e inalámbricos y la incidencia de glioma, neuroma acústico, y meningioma (Hardell et al., 2011).

<sup>1</sup>Este resultado sugeriría que un uso ocasional o moderado del teléfono "protegería" contra el desarrollo de glioma. El dato ha sido interpretado por diversos investigadores, incluidos los autores de INTERPHONE, como indicativo de que el procedimiento empleado adolecería de sesgos que podrían conducir a una subestimación del potencial cancerígeno de la exposición a largo plazo.

El análisis incluyó 1148 casos de glioma (diagnosticados entre 1997-2003) y 2438 controles, obtenidos de registros de cáncer y de población, respectivamente. Los sujetos respondieron a cuestionarios, enviados por correo y complementados con entrevistas telefónicas, para obtener información sobre las exposiciones y las co-variables de interés, incluyendo el uso de teléfonos móviles e inalámbricos. Los participantes que habían utilizado un teléfono móvil durante más de un año mostraron un OR significativo para glioma, de 1,30 (IC 95%: 1,1-1,6). El OR incrementaba con el tiempo transcurrido desde que los sujetos se iniciaron como usuarios, y con el tiempo total de llamadas; alcanzándose valores de 3,20 (IC: 2,0-5,1) para el subgrupo con más de 2000 horas de uso acumulado. El uso del teléfono móvil se vio también asociado con una mayor incidencia de tumores ipsilaterales. Para usuarios de teléfonos inalámbricos se obtuvieron resultados similares.

Tanto el panel del IARC como los autores de ambos estudios, el INTERPHONE y el análisis combinado de Suecia, reconocen que estos resultados son susceptibles de sesgos de recuerdo y de selección en la participación. No obstante, el panel concluyó que los datos no pueden ser interpretados simplemente como reflejo de dichos sesgos, sino que cabe contemplar una relación de causalidad para el desarrollo de glioma por exposición crónica a la radiación RF del teléfono móvil<sup>2</sup>. Una conclusión similar se obtuvo para neuroma acústico. Pues, si bien el número de casos estudiado era sustancialmente menor que el correspondiente a glioma, los resultados de un estudio japonés reciente (Sato et al., 2010) respaldaban en parte los del estudio sueco, mostrando indicios de riesgo de neuroma acústico asociado con el uso ipsilateral del teléfono móvil. Para meningioma, tumores de glándula parótida, leucemia, linfoma y otros tipos de tumores, el panel consideró que la evidencia disponible era insuficiente para obtener conclusiones sobre una potencial asociación con el uso del teléfono móvil.

También fueron evaluados los resultados de estudios epidemiológicos que abordaban la potencial asociación entre exposición ocupacional a radiación RF y la incidencia de tumores cerebrales, leucemia, linfoma y otros tipos de neoplasias malignas, como el melanoma uveal y cánceres de testículo, mama, pulmón o piel. El panel señaló que estos estudios presentaban limitaciones metodológicas y los resultados eran inconsistentes y, en consecuencia, la evidencia disponible era insuficiente para permitir alcanzar conclusiones válidas.

Asimismo, se examinaron los resultados de más de 40 trabajos que estudiaban el potencial cancerígeno de exposiciones a radiación RF en roedores. Siete de esos trabajos eran bioensayos con exposiciones administradas a lo largo de 2 años. En general, se aplicaron condiciones de exposición y señales RF características, que simulaban las emisiones de los teléfonos móviles. Los bioensayos de exposición crónica no detectaron

<sup>2</sup>El 25 de agosto 2011 se publicaron los resultados de INTERPHONE sobre neuroma acústico, que también revelan indicios de incremento en el riesgo en casos de uso prolongado (1640 horas o más) y en tumores ipsilaterales, localizados en el hemisferio correspondiente al punto de aplicación del teléfono. Nuevamente, los autores advierten que no puede descartarse que sus resultados estén influidos por el azar o por sesgos inherentes a la metodología aplicada.

incrementos significativos en la incidencia de ningún tipo específico de tumor en los animales tratados. Sin embargo, en uno de estos bioensayos los animales expuestos a RF presentaron un incremento en el número total de tumores malignos. También, dos estudios de los 12 que emplearon animales genéticamente predispuestos a desarrollar determinados tumores, y uno de los 18 estudios que utilizaron procedimientos de promoción cancerosa, revelaron un aumento en la incidencia de cáncer en los animales expuestos. Asimismo, cuatro de los seis estudios de co-carcinogénesis mostraron una incidencia incrementada de cánceres específicos cuando la exposición a RF se aplicó en combinación con el carcinógeno químico correspondiente. En cualquier caso, el panel del IARC advierte que los resultados de este tipo de estudios son difícilmente valorables en cuanto a su capacidad predictiva para cánceres humanos. Así pues, el panel concluyó que, en su conjunto, los estudios experimentales *in vivo* sólo han proporcionado hasta ahora "pruebas limitadas" de efectos cancerígenos por exposición a radiaciones RF.

El panel también revisó un bloque amplio de estudios de variables relevantes en carcinogénesis, incluyendo genotoxicidad, efectos inmunológicos, expresión de genes y de proteínas, señalización celular, estrés oxidativo y apoptosis. Asimismo, se evaluó la evidencia sobre los posibles efectos de las RF en el cerebro y en la barrera hematoencefálica. Aunque se encontró evidencia de que algunas de las variables estudiadas resultaban afectadas por exposición a señales RF, el panel llegó a la conclusión general de que, en términos de relevancia para la potencial inducción de cáncer en humanos expuestos a RF, la evidencia mecanística proporcionada por estos resultados era débil.

En definitiva, a partir de la evaluación del conjunto de la evidencia epidemiológica y experimental<sup>3</sup> el panel del IARC concluyó que existen "pruebas limitadas" de una acción carcinógena de las radiaciones RF en humanos, sobre la base de una relación positiva entre la exposición a las emisiones RF de los teléfonos sin hilos (móviles e inalámbricos) y la incidencia de glioma y neuroma acústico. Partiendo de esta conclusión y considerando que también las pruebas de efectos cancerígenos en animales fueron definidas como "limitadas", IARC incluyó las radiaciones RF dentro de la categoría de agentes "posiblemente cancerígenos para humanos" (Grupo 2B).

Miembros destacados del panel consultados por RADIOPROTECCIÓN han coincidido en señalar que las conclusiones de IARC deberían contribuir a reforzar los mensajes de promoción de buenos hábitos en el uso de los teléfonos sin hilos, emitidos por distintas autoridades sanitarias y por sociedades científicas y profesionales<sup>4</sup>. Sin embargo, los mismos expertos advierten que la categorización dada a las RF no debería ser causa de alarma social, ni podría ser invocada como respaldo a prohibiciones oficiales del uso de los teléfonos. Ya que, si bien existe alguna evidencia indicativa de una potencial relación entre la radiación de los teléfonos y determinados tipos tumorales, toda-

<sup>3</sup>Las evaluaciones serán publicadas en el volumen 102 de las Monografías del IARC. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/PDFs/index.php>)

<sup>4</sup>La sección "Destacados" de la página Web de la SEPR mantiene en abierto un documento de consulta y buenas prácticas en el uso de los teléfonos móviles.

- vía persiste un alto grado de incertidumbre a causa de discrepancias entre algunos estudios y por falta de datos en diversas áreas cuyo estudio debería ser priorizado.

M<sup>ra</sup> Ángeles Trillo y Alejandro Úbeda  
Hospital Ramón y Cajal

## 1<sup>st</sup> European Course "ALARA from theory to practice in nuclear installations"

El pasado mes de mayo de 2011 tuvo lugar en la central nuclear de Barsebäck (Suecia) la primera edición del curso "ALARA from theory to practice in nuclear installations". El curso fue organizado conjuntamente por el Centre d'étude sur l'évaluation de la Protection dans le domaine nucléaire (<http://www.cepn.asso.fr>) y Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (<http://www.ksu.se>), propietaria de la instalación.

A lo largo de los cinco días de duración del curso se cubrieron cuestiones teóricas relacionadas con el principio ALARA, aplicadas al diseño, operación y desmantelamiento de las instalaciones.

La central nuclear de Barsebäck, en fase de desmantelamiento, y tras haber sido descontaminada, se emplea en la actualidad como centro de entrenamiento para disciplinas tales como mantenimiento mecánico y eléctrico, factores humanos y cultura de seguridad, y por supuesto protección radiológica.

La instalación cuenta con dos reactores de agua en ebullición con su equipamiento asociado, por lo que para el propósito del curso, ofrecía la posibilidad de realizar ejercicios prácticos de planificación de trabajos, que posteriormente podían ser verificados *in situ* en la propia planta.

Además de las sesiones dedicadas al desarrollo del principio ALARA en las instalaciones nucleares, se realizó una visita a la central nuclear de Ringhals, en la que se pudieron visitar las instalaciones así como ver los preparativos que se estaban realizando para un cambio de generadores de vapor.



Cabe reseñar la presentación realizada por Carl Goran Lindval (Ex-jefe del Servicio de protección radiológica de la central nuclear de Barsebäck), acerca de la protección radiológica en Barsebäck a lo largo de 25 años de operación.

Al curso asistieron profesionales del sector nuclear de Alemania, España, Finlandia, Francia, Eslovaquia, Suecia y Rusia. Durante las sesiones hubo un gran intercambio de información, gracias a la participación activa de todos los asistentes.

Por parte de España asistieron Esperanza España Sánchez (Inspectora residente de la central nuclear Jo e Cabrera) e Ignacio Calavia Gimenez (Inspector del Área de protección radiológica de los trabajadores), ambos del Consejo de Seguridad Nuclear.

Actualmente se encuentra en preparación la segunda edición del curso.

Ignacio Calavia  
Área de Protección Radiológica de los Trabajadores del CSN

### 58ª Sesión General de Unsear

Viena- 23 al 27 de mayo de 2011

La 58ª Sesión General de Unsear se celebró en Viena, del 23 al 27 de mayo de 2011. España fue invitada por tercera vez a participar en calidad de "observador", junto con Bielorrusia, Finlandia, Pakistán, Ucrania y la República de Corea (Resolución A/RES/65/96, de la Asamblea General de Naciones Unidas de 10 de diciembre de 2010).

España nombró a los dos observadores que ya asistieron a la 56ª y 57ª Sesión: David Cancio para la primera parte de la reunión, y al Prof. Eliseo Vañó, para la segunda. Es de notar que la Secretaría científica se ha ampliado y cuenta ahora con Ferid Shannoun como nuevo miembro. El Dr. Shannoun trabajaba previamente en la Organización Mundial de la Salud.

Durante la sesión no se ha tratado la posible incorporación de los países invitados como observadores, el tema se resolverá en la Asamblea General. La Secretaría ha enviado un documento borrador preparado para informar a la 66ª Asamblea General de Naciones Unidas atendiendo al párrafo 13 de la Resolución 65/96 sobre *Effects of Atomic Radiation*. En el mismo, la Secretaría presenta los criterios objetivos e indicadores para seleccionar a los países que mejor puedan colaborar con los trabajos de Unsear.

Durante la mañana del lunes 23 se efectuó por parte de la delegación de Japón, una presentación sobre el desarrollo y las consecuencias radiológicas hasta la actualidad, del accidente de la central nuclear de Fukushima y se discutió sobre las acciones del Comité para analizar ese accidente en los próximos años.

Durante las tardes del lunes y el martes, y del miércoles y jueves, hubo reuniones de varios grupos de trabajo y se analizaron los siguientes borradores de documentos:

- 1) A/AC.82/R.681. *Ability to attribute risks and effects to radiation exposure.*
- 2) A/AC.82/R.682. *Uncertainty in risks estimates for cancer due to radiation exposure.*
- 3) A/AC.82/R.683. *Radiation exposures from electricity generation.*
- 4) A/AC.82/R.684. *Methodology for estimating human exposures due to discharges.*
- 5) A/AC.82/R.685. *Biological effects of selected internal emitters.*
- 6) A/AC.82/R.680/Rev.1. *Mechanisms of radiation actions at low doses.*
- 7) A/AC.82/R.679/Rev.1. *Improving data collection, analysis and dissemination.*

Estos documentos se encuentran en la página web de Unsear en el sector reservado para los miembros y observadores del Comité.

Con respecto a los documentos 1) y 2) se establecieron discusiones y se formularon comentarios por parte de los participantes aprobándose instrucciones a los consultores y a la Secretaría, para preparar una nueva versión. El avance ha sido significativo y se espera que puedan finalizarse en la próxima sesión del Comité.

Con respecto al documento 5), el análisis se ha referido exclusivamente al tritio y fue preparado por la delegación de Canadá y debe todavía ser reconsiderado. En especial se ha considerado necesario introducir datos de nuevas investigaciones y acortar el contenido de algunos capítulos. Dado que se finalizará incluyendo sólo al Tritio, se acordó agregar al radionucleido como subtítulo y así hacerlo con el próximo análisis previsto para el Uranio.

Los documentos 3) y 4) están interrelacionados y en un estado preliminar. Con respecto al de metodología para evaluar las descargas, ya se había acordado que se referiría exclusivamente a la exposición humana y no se incluiría la del medioambiente. En la revisión del documento 4) se identificaron varios elementos que necesitan una puesta al día, en especial para los materiales radiactivos naturales derivados del uso de combustibles fósiles. También se ha hecho notar que el uso de energías renovables no se había analizado anteriormente de forma comparable a las otras formas de producción de energía eléctrica. Se reconoce que faltan muchos datos y se sugiere que la Asamblea General se refiera a ello en su resolución.

El jueves y viernes se discutió el Programa de Trabajo para los próximos años, siendo muy destacada la necesidad de analizar el accidente de Fukushima después del gran terremoto y *tsunami* ocurridos en Japón.

En el momento de las sesiones, la situación de emergencia continuaba y la información que podría obtener el Comité sobre los niveles y posibles efectos de la radiación sería incompleta. Además hay y habrá una gran cantidad de información medioambiental que se seguirá obteniendo en el futuro próximo. Esta información completa resulta necesaria para estimar las dosis en la población.

Por otra parte se encarga al secretario para coordinar las actuaciones con otras organizaciones internacionales, transmitir la experiencia del Comité ganada con el análisis efectuado del accidente de Chernobyl y evitar la duplicación de trabajos.

Se decide que podría haber un informe preliminar en la próxima sesión de mayo de 2012 y un informe más completo para el 2013. Ha quedado claro que un análisis completo y definitivo va a requerir posteriormente varios años.

Se requiere la colaboración a través de los miembros y observadores del Comité para obtener ayuda para la realización del trabajo.

En fechas posteriores, el presidente del Comité ha decidido solicitar a los países la posible asignación de un científico que colabore con la Secretaría para el análisis del accidente y se dirigirá también una solicitud formal a las representaciones diplomáticas de los países miembros y observadores.

Con respecto al resto del programa de trabajo se decidió desarrollar informes sobre:

- 1) Riesgos y efectos de la radiación en niños.
- 2) Evaluar los estudios epidemiológicos de bajas dosis relacionados con las fuentes ambientales.
- 3) Revisar los desarrollos sobre los mecanismos de acción a bajas dosis.
- 4) Seguir con la recopilación de información sobre dosis, efectos y riesgos de las diferentes fuentes de radiación para los futuros informes del Comité. Sobre este tema, se solicitará a



### Estudio del riesgo radiológico en la soldadura por arco

La Subdirección de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en el marco de la Directiva 96/29/Euratom, incorporada a la legislación española en el nuevo Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), y que considera en su Título VII, la aplicación de éste a las actividades profesionales que impliquen una exposición a fuentes naturales de radiación, realizó una propuesta de plan de actuación para considerar la realización de estudios tipo, mediante colaboración entre el CSN y grupos de investigación con capacidad técnica, con objeto de tener un elemento de juicio independiente, en cuanto al riesgo asociado a las distintas industrias NORM y un estudio metodológico base extrapolable a otras industrias del mismo tipo existentes en el país, que podría tomarse como referencia a la hora de la realización de los correspondientes estudios, por parte de los responsables de dichas industrias.

Uno de los estudios llevados a cabo dentro del plan del CSN, fue el "Estudio de la exposición debida a la utilización de torio en industrias no radiológicas" realizado conjuntamente por las Universidades de Zaragoza y el País Vasco, donde entre las distintas aplicaciones de los compuestos de torio se estudió el riesgo radiológico de la utilización de electrodos toriados en los procesos de soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*).

Durante el desarrollo del proyecto indicado, se consideró interesante conocer si el torio estaba presente en los electrodos de uso más generalizado, como los utilizados en soldadura por arco con electrodos revestidos, y realizó un estudio radiológico de los materiales de elaboración de dichos electrodos, encontrándose entre ellos distintos materiales NORM, como rutilo, ilmenita y silicato de circonio. El factor principal que hace de este proceso un método tan

los países, a la OMS, al OIEA y otras organizaciones, que colaboren con el Comité para la obtención de información sobre la exposición de la población en general, los trabajadores y en particular de los pacientes en las exposiciones médicas.

*David Cancio y Eliseo Vañó. Miembros españoles observadores en Unscear.*

utilizado es su simplicidad y su bajo precio por lo que está muy extendida su aplicación en todo el mundo. Además, el procedimiento de soldadura con electrodo revestido no se presta para su automatización y su aplicación es esencialmente manual. En España se consumen anualmente unos 3.000.000 de electrodos y kilómetros de hilo tubular diariamente. Durante el proceso de soldadura la cubierta de algunos electrodos se volatiliza con el consiguiente riesgo de inhalación.

Por todo ello, y con objeto de cubrir la laguna de conocimiento detectada, se ha establecido un Acuerdo entre el CSN y el Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos de la Universidad del País Vasco, por un período de dos años. En este proyecto también colabora el Departamento de Física Teórica de la Universidad de Zaragoza.

Se pretende con este nuevo proyecto evaluar el impacto radiológico derivado de la fabricación y utilización de electrodos de soldadura por arco, considerando su amplio uso y la incorporación en el recubrimiento de materiales NORM.

Los principales objetivos son los siguientes:

- Identificar los fabricantes e importadores de este tipo de producto de modo que se disponga de una cifra precisa de consumo de electrodos e hilo tubular en España.
- Determinar los materiales utilizados en su fabricación y caracterizar radiológicamente los electrodos e hilos tubulares.
- Evaluar el impacto radiológico de la fabricación, distribución y utilización de estos electrodos y el de la generación de residuos producidos en estas actividades.

*José Luis Martín Matarranz  
Consejero Técnico del Área de Vigilancia Radiológica Ambiental  
Consejo de Seguridad Nuclear*

### Tomografía computerizada en niños y adolescentes: nuevo estudio de cohortes europeo para la cuantificación del riesgo de cáncer (Proyecto EPI-CT)

A pesar de contar con un amplio conocimiento sobre la capacidad carcinogénica de las radiaciones ionizantes en niveles medios-altos a partir de los estudios en los

supervivientes de Hiroshima y Nagasaki y en las poblaciones expuestas por motivos terapéuticos, el efecto en salud de las bajas dosis de radiación es aún una cuestión por resolver. Aún así, el informe del año 2008 del *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* indica que el uso de las tomografías computerizadas sigue en aumento en los países desarrollados, tanto en adultos como en niños y adolescentes.

Por su naturaleza, el TAC implica mayores dosis de radiaciones que otras técnicas radiológicas convencionales, lo cual sumado a la mayor radiosensibilidad detectada en los niños y al hecho de que estos presenten muchos más años para desarrollar los potenciales efectos nocivos radio-inducidos, lo convierte en un motivo de preocupación.

Con el fin de dar respuesta a esta cuestión la Unión Europea, dentro del 7º Programa Marco, ha financiado el estudio EPI-CT, el cual abordará la cuantificación del riesgo asociado a la exposición a radiación ionizante debida a los TAC. El estudio EPI-CT es un estudio internacional de cohortes de niños y adolescentes que pretende combinar un seguimiento prospectivo con el estudio retrospectivo de la exposición médica diagnóstica substancial a radiaciones ionizantes de dichos niños y adolescentes. Está coordinado por la *International Agency for Research on Cancer* (IARC) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), conjuntamente con investigadores de varios países.

Este estudio pretende integrar los estudios nacionales que se están llevando a cabo en estos momentos en Europa (Reino Unido y Francia) e iniciar en paralelo el mismo estudio en otros siete países (Alemania, Dinamarca, Bélgica, Holanda, Noruega, Suecia y España). Debido a que los efectos en salud de estas radiaciones de baja dosis se estiman relativamente pequeños, es necesario un estudio colaborativo a escala internacional para asegurar suficiente poder estadístico y precisión para estudiar dichos efectos. Por ese motivo esperamos crear una cohorte europea de aproximadamente 1.000.000 niños y adolescentes que serán seguidos en los próximos años. Este hecho convierte al EPI-CT en el estudio más potente hasta el momento para el estudio de los efectos en salud de la radiación ionizante en bajas dosis.

A nivel estatal se pretende definir una cohorte de 200.000 niños y adolescentes en 10 años. El estudio ha tenido muy buena acogida entre los profesionales radiólogos de Cataluña, contando ya con la colaboración de los principales hospitales de esta comunidad autónoma. Está previsto que el proyecto se extienda a Valencia, Andalucía y País Vasco, aunque no se descarta ampliarlo a otras comunidades autónomas que presenten una elevada prevalencia de población pediátrica y que estén cubiertas por un registro de cáncer de base poblacional.

*Magda Bosch de Basea, Elisabeth Cardis y Martine Vrijheid  
mboschdebasea@creal.cat  
Centre for Research in Environmental Epidemiology*

### Estudio de la problemática existente en la determinación del índice de actividad alfa total en aguas potables. Propuesta de procedimientos

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, establece, entre otros, la determinación del índice de concentración de actividad alfa total.

Esta determinación es aparentemente sencilla, rápida y económica. No obstante, a pesar de ello, y quizá por dicha aparente simplicidad, la práctica totalidad de los procedimientos, normalizados o no, utilizados actualmente, adolecen de un grado de indefinición tal que hace que diferentes laboratorios, incluso expertos en este tipo de análisis y acreditados externamente para dicha actividad, puedan proporcionar resultados que varíen incluso en algún orden de magnitud de unos a otros.

Estas indefiniciones van desde la libertad existente en el uso de diferentes radionucleidos emisores alfa como patrones de calibrado de los equipos utilizados para el conteo de esas emisiones, hasta la no concreción de si es necesario que transcurra algún tiempo entre la preparación de la muestra y su medida o si el resultado de la misma es independiente tanto del momento en que se mide la muestra como de las características de los radionucleidos y actividades individuales que producen el contenido radiactivo global de la misma.

Por todo ello se consideró necesario llevar a cabo un estudio eminentemente experimental, en el que se determinarían todos los posibles factores que influyen en la variabilidad de los resultados antes referida y se realizara, para cada técnica de preparación y medida, un procedimiento suficientemente detallado en el que se pudiera establecer tanto su rango de validez como las condiciones más adecuadas de utilización, de forma que se pueda garantizar que el resultado que se obtenga sea el más representativo de la actividad alfa total que realmente posee la muestra, que esté aquejado de la mínima variabilidad posible y que esta variabilidad remanente sea tenida en cuenta en la determinación de la incertidumbre asociada al resultado.

En julio de 2009, el CSN firmó un acuerdo de colaboración por dos años con el Laboratorio de Radiactividad Ambiental del Departamento de Física de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, Cáceres (LA-RUEX), y los de la Universidad de Barcelona, Facultad de Química, Departamento de Química Analítica, Laboratorio de Radiología Ambiental (LRA-UB) y la Universidad Politécnica de Cataluña, Instituto de Técnicas Energéticas (LARA), para llevar a cabo el estudio de la problemática antedicha para la determinación del índice de actividad alfa total en aguas potables y proponer procedimientos adecuados. Un avance de estos resultados ha sido presentado en la reunión anual de Vigilancia Radiológica Ambiental celebrada en el CSN el 6 de octubre de 2011.

*Comité de redacción*



# PUBLICACIONES

## Publicaciones SEFM - SEPR

### Calidad y seguridad.

XVIII CONGRESO NACIONAL DE SEFM  
XIII CONGRESO NACIONAL DE SEPR



Libro de resúmenes del II Congreso conjunto de las Sociedades Españolas de Protección Radiológica y Física Médica celebrado en Sevilla en mayo de 2011. Una extensa publicación de más de 600 páginas que son un compendio de todas las aportaciones técnicas y científicas presentadas en dicho Congreso. Se agrupan en 18 áreas temáticas entre las que destacan por la cantidad de trabajos presentados la de metrología y dosimetría física así como las áreas médicas de radioterapia: dosimetría clínica y métodos y algoritmos

de cálculo, modelación y simulación de tratamientos.

STI/PUB/1269, 101 pp.; 2011

ISSN 1576-6632.

<http://sefm.es/fisica-medica/es/documentos/6>

## Publicaciones HPA

### Risk of Solid Cancers following Radiation Exposure: Estimates for the UK Population

RCE 19 Report of the independent Advisory Group on Ionising Radiation



Un estudio sobre los riesgos para la salud de la exposición a las radiaciones ionizantes y, en concreto, sobre la probabilidad de que éstas puedan inducir cánceres sólidos. Es una publicación del Grupo Consultivo sobre Radiaciones Ionizantes (AGIR) de la Health Protection Agency (HPA) del Reino Unido. El informe estudia la probabilidad de inducción por unidad de dosis de hasta 22 tipos distintos de cánceres sólidos, así como la probabilidad de inducción combinada de todos ellos. Se presentan valores concretos de riesgo de inducción de cáncer sólido para

distintas exposiciones médicas para el Reino Unido; entre ellas, la mamografía de cribado. Este informe complementa a otro anterior de AGIR titulado Riesgo de Leucemia y Malignidades Relacionadas después de Exposición a la Radiación, publicado en 2003.

ISBN: ISBN 978-0-85951-705-8

<http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/Documents/OFT>

## Publicaciones CSN

### VI Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental



Se ha lanzado en formato digital un CD con información sobre las VI Jornadas sobre Calidad en el control de la Radiactividad Ambiental celebradas en 2010 en Cáceres en Septiembre de 2010. El contenido de las ponencias y mesas redondas que se expuso en estas Jornadas se puede descargar

en formato pdf en el siguiente enlace, pero además se puede solicitar el CD incluyendo contenido interactivo adicional relacionado con las Jornadas, al servicio de publicaciones del CSN mediante correo electrónico a la dirección [peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es) indicando la referencia y el título de la publicación, que será enviada por correo postal a la dirección que se indique (añadir los siguientes datos: nombre, dirección y código postal).

[http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras\\_publicaciones/coediciones/jornadas\\_cceres.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras_publicaciones/coediciones/jornadas_cceres.pdf)

## Publicaciones OIEA

### Radiation Protection and NORM Residue Management in the Production of Rare Earths from Thorium containing Minerals

Safety Reports Series 68 Subject Classification: 0611-Radioactive waste management



Este Estudio de Seguridad es una recopilación de información detallada sobre los procesos y los materiales empleados en la producción de tierras raras a partir del torio que contienen minerales y en las consideraciones radiológicas que deben ser tenidos en cuenta por el órgano regulador para determinar la naturaleza de la radiación y el alcance de las medidas de protección. Se ha desarrollado como

parte del programa del OIEA sobre la aplicación de sus normas de seguridad en el ámbito de la seguridad radiológica, del transporte y los residuos.

STI/PUB/1512 (ISBN:978-92-0-115710-2) 259 pp.;

# CONVOCATORIAS 2011-2012

"más información en [www.sepr.es](http://www.sepr.es)"

## OCTUBRE

- **International Conference on the Safe and Secure Transport of Radioactive Material: The Next Fifty Years of Transport - Creating a Safe, Secure and Sustainable Framework**

Del 17 al 21 de octubre en Viena, Austria.

Más información: [www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=38298](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=38298)

- **IV Jornada Andaluza de Protección Radiológica Hospitalaria**

El 22 de octubre a las 9:30h en el Hotel Córdoba Center, Córdoba. Más información: [www.sarh.es/](http://www.sarh.es/)

- **Primer Simposio de la ICRP sobre el Sistema Internacional de Protección Radiológica**

Del 24 al 26 de octubre en Bethesda, EE. UU.

Más información: [www.icrp.org/](http://www.icrp.org/)

## NOVIEMBRE

- **Third International MELODI Workshop. DoReMi Workshop**

Del 2 al 4 de noviembre en Roma, Italia.

Más información: [www.iss.infn.it/melodi2011-iw/index.html](http://www.iss.infn.it/melodi2011-iw/index.html)

- **Conferencia sobre gestión de residuos radiactivos (Londres-IBC Energy)**

Del 2 al 3 de noviembre en Londres (Reino Unido).

Más información: [www.informaglobalevents.com/event/radioactive-waste-management-conference](http://www.informaglobalevents.com/event/radioactive-waste-management-conference)

- **From Dosimetry to Biological Effect: Radiobiology as Guide to Clinical Practice in Nuclear Medicine**

Del 5 al 8 de noviembre en Sorrento, Italia. Más información:

[www.nuclearmedicinediscovery.org/index.asp](http://www.nuclearmedicinediscovery.org/index.asp)

- **International Conference on Clinical PET and Molecular Nuclear Medicine (IPET-II-2011) - Trends in Clinical PET and Radiopharmaceutical Development**

Del 8 al 11 de noviembre en Viena, Austria.

Más información: [www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=38296](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=38296)

- **4<sup>th</sup> EAN NORM Workshop on "Transportation of NORM, NORM Measurements and Strategies, Building Materials"**

Del 29 de noviembre al 1 de diciembre en Hasselt, Bélgica.

Más información: [hwww.ean-norm.net/lenya/ean\\_norm/live/news.html](http://hwww.ean-norm.net/lenya/ean_norm/live/news.html)

## ENERO

- **The 1<sup>st</sup> International Workshop on Safety and Security Risk Assessment and Organisational Cultures**

Del 29 al 31 de enero de 2012 en Amberes (Bélgica). Más información:

[www.sckcen.be/en/Events/SSRAOC2012/\(page\)/35406](http://www.sckcen.be/en/Events/SSRAOC2012/(page)/35406)

# CURSOS 2011

## OCTUBRE

- **Taller SEPR sobre Medición de Exposiciones a Radiaciones no Ionizantes en el Medio Hospitalario**

Organizado por: la Sociedad Española de Protección Radiológica en colaboración con el Hospital Universitario Ramón y Cajal e Inycom SA.

Lugar, fecha y horario: Hospital Ramón y Cajal. Ctra. de Colmenar Km 9, 28034 Madrid. Jueves, 27 de octubre de 14 a 17 horas.

Más información: En 2010 la SEPR ofreció un curso de protección radiológica ante radiaciones no ionizantes (RNI), que se completaba con un taller de mediciones en ambientes hospitalarios impartido por ingenieros de la compañía Inycom. Dado el éxito de la convocatoria de 2010, la SEPR ha decidido ofrecer a sus socios reediciones anuales del curso y/o del taller. Así, la SEPR

- en colaboración con Inycom ha programado una nueva edición del taller, precedido de una hora de seminario introductorio.

- Inscripción: La asistencia al taller es gratuita y está reservada exclusivamente a socios de la SEPR. Las plazas serán otorgadas a los 20 primeros socios que respondan al presente llamamiento, si bien se dará preferencia a aquellos socios que quedaron en lista de espera en la edición de 2010. Para la inscripción, correo electrónico a [aurora.delgado@hrc.es](mailto:aurora.delgado@hrc.es), indicando "asunto: Taller RNI".

## NOVIEMBRE

- **Curso de Supervisores de Instalaciones Radiactivas (Radioterapia y Laboratorios con fuentes no encapsuladas)**

- Organizado por: Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco.

Lugar, fecha y horario: Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco, Departamentos de Química Inorgánica y de Electricidad y Electrónica. A celebrar del 2 al 25 de noviembre de 2011 en horario de mañana y tarde.

Campos: Radioterapia y Laboratorios con Fuentes no Encapsuladas.

Más información: Curso homologado por el CSN y dirigido a titulados superiores y medios que quieran obtener licencia oficial de supervisor en los campos indicados.

### Curso de operadores de instalaciones radiactivas (campo de aplicación laboratorios con fuentes no encapsuladas)

Organizado por: Instalación Radiactiva de la Universidad de Alcalá de Henares. Curso homologado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Lugar, fecha y horario: Universidad de Alcalá de Henares, Campus Universitario. Facultad de Ciencias Ambientales. Del 7 al 17 de noviembre (examen 25 de noviembre probablemente). De 9:00 a 14:30 horas.

Objetivo: dotar a los alumnos de los conocimientos suficientes para la superación del curso y así poder obtener la licencia oficial de operador, que concede el Consejo de Seguridad Nuclear, para poder trabajar en laboratorios con fuentes radiactivas no encapsuladas.

### Curso General de Gestión Radiofarmacéutica

Organizado por: Unidad de Radiofarmacia del Hospital La Paz de Madrid a través del Aula Virtual de Radiofarmacia. ([www.aulavirtualradiofarmacia.es](http://www.aulavirtualradiofarmacia.es)).

Lugar, fecha y horario: 7 - 18 noviembre 2011. Curso a distancia a través del Aula Virtual de Radiofarmacia, aunque está prevista la realización de Seminarios presenciales, que serán optativos para los alumnos.

Dirección: Dra. Bárbara Martínez de Miguel, especialista en Radiofarmacia y responsable de la Unidad Docente del Hospital La Paz de Madrid.

Profesor: Rafael F. Blasco Ferrándiz, Doctor en Farmacia, Especialista en Radiofarmacia y Análisis Clínicos.

Más información: Solicitada acreditación a la Comisión Nacional de Formación Continuada. Acreditado por el Claustro Docente del Aula Virtual de Radiofarmacia.

El curso pretende servir de formación continuada para los profesionales que desarrollan su actividad en Unidades de Radiofarmacia Descentralizadas, Centralizadas y Unidades de Radiofarmacia PET; así como también puede ser de gran utilidad para los estudiantes de la especialidad que en un futuro deberán asumir diferentes responsabilidades.

- Las clases del Curso se presentarán en formato de vídeo, aunque también se incorpora documentación complementaria y bibliografía. El Curso también dispondrá de una serie de herramientas asociadas como foros, chat, agenda, cuaderno de notas, etc.

- La organización del curso otorgará 5 becas (15% de descuento en la cuota de inscripción). La selección de los candidatos será llevada a cabo por la SEPR. Los interesados deberán ponerse en contacto con la Secretaría Técnica de la SEPR. C/ Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid. Tel.: 91 749 95 17- Fax: 91 570 89 11

### Master en Enfermería Radiológica (Uni. Barcelona)

- Organizado por: Instituto de Formación Continua de la Universidad de Barcelona e impulsado por la Sociedad Española de Enfermería Radiológica (SEER).

- Lugar: Curso "on line".

- Objetivo: ofrecer la formación necesaria para operar con equipos de radiodiagnóstico. El curso incluye el examen acreditativo del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

- Dirigido a: diplomados en enfermería de las áreas de diagnóstico por la imagen, medicina nuclear y radioterapia.

- Acreditación: master en Enfermería Radiológica por la Universitat de Barcelona. Curso diseñado según las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior y equivalente a 30 créditos ECTS.

- Más información: [www.il3.ub.edu/es/master/master-enfermeria-radiologica.html](http://www.il3.ub.edu/es/master/master-enfermeria-radiologica.html)

### VIII Curso de Instrumentación y Control de Calidad en Medicina Nuclear

- Lugar, fecha y horario: Hospital Clinic de Barcelona. Barcelona, del 16 al 18 de Noviembre de 2011, en horario de mañana y tarde.

- Objetivo: impartir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para la correcta utilización de la instrumentación empleada en Medicina Nuclear y para asegurar su estado óptimo de utilización a través de pruebas de control de calidad. El curso está orientado fundamentalmente a la actualización de conocimientos sobre el tema en las especialidades de Medicina Nuclear y de Radiofísica Hospitalaria.

- Más información: En este curso, debido a la muy diversa formación de los alumnos se impartirán los temas de reconstrucción topográfica a dos niveles, uno de carácter técnico (A) y otro con explicaciones a nivel cualitativo (B), para lo cual los alumnos se distribuirán en dos grupos.