

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



PRESENTACIÓN DE LAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INTERNACIONALES



▲ Entrevista:

Ignacio Amor

Jefe del Área de Servicios de Protección Radiológica del CSN

- ▲ **Rutas de transporte de la pluma radiactiva de Fukushima hasta la Península Ibérica**
- ▲ **Propuesta de metodología para estimar la dosis absorbida en la entrada del laberinto en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192**
- ▲ **Las recomendaciones de la ICRP frente a las secuelas del accidente de Fukushima: algunas lecciones preliminares**

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Directora
Ángeles Sánchez

Coordinador
Borja Bravo

Comité de Redacción

Teresa Durán
Cristina Garrido
Rosa Gilarranz
José Gutiérrez
Sofía Luque
Matilde Pelegrí
Javier Pifarré
José Ribera
Borja Rosell
Inmaculada Sierra
M^o 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 ENERO 2012

S U M A R I O

• Editorial	3
• Entrevista	4
- Ignacio Amor Jefe del Área de Servicios de Protección Radiológica del CSN	
• Noticias	7
- de la SEPR	7
- de España	43
- del Mundo	43
• Jornada de presentación de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales	12
• Colaboraciones	21
- Rutas de transporte de la pluma radiactiva de Fukushima hasta la Península Ibérica M. A. Hernández-Ceballos, R. L. Lozano, J. A. Adame, M. Sorribas, M. Casas-Ruiz, E.G. San Miguel y J. P. Bolívar	21
- Propuesta de metodología para estimar la dosis absorbida en la entrada del laberinto en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192 M.C. Pujades, J. Pérez-Calatayud y F. Ballester	29
- Las recomendaciones de la ICRP frente a las secuelas del accidente de Fukushima: algunas lecciones preliminares Abel J. González	34
• Nota Técnica	41
• Proyectos de Investigación	51
• Publicaciones	52
• Convocatorias y Cursos	53
• Índice 2011	54

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, 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

De nuevo empezamos un nuevo año, y aunque ha llegado con no muy buenos augurios, no debemos dejarnos llevar por el pesimismo y tenemos que seguir desarrollando y enriqueciendo las actividades de la SEPR en servicio de la protección radiológica y de todos vosotros.

El plan de actividades de este año se ha configurado con cuatro jornadas y varios cursos. Algunos de ellos de nueva edición, y otros como el curso de blindajes o el de radiobiología, que se repiten, debido al interés que habéis demostrado, con las últimas actualizaciones en el tema.

Este año está previsto un Congreso Internacional IRPA-13 en Glasgow y el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica que se va a celebrar en Perú. En todos ellos esperamos una buena representación de la SEPR, y toda la información de estos eventos podéis encontrarla en la página web y en el interior de este número de la revista. Pero, además, debemos dedicar nuestros esfuerzos a la organización del próximo Congreso Nacional, que como sabéis se celebrará en 2013, en Cáceres, y del que próximamente empezareis a recibir la información. Esperamos que marque un hito en número de trabajos presentados y asistencia, por lo que os pedimos toda vuestra colaboración.

El año 2011 estará siempre marcado por el accidente de Fukushima, pero hay que empezar a sacar conclusiones y lecciones aprendidas del mismo. En ese sentido, en este número

se incluyen dos colaboraciones, una de las cuales es un artículo de opinión de Abel González, que esperamos os sirvan para estudiar algunos aspectos de este accidente. También se incluye una propuesta de metodología para la estimación de dosis absorbida en puntos de instalaciones de braquiterapia de alta tasa, que os ayudara en los diseños de estas instalaciones cada vez más numerosas.

Muchas veces echamos en falta la posibilidad de intercambiar ideas con algunas de las personas que han participado activamente en proyectos o elaboración de normas internacionales. En este sentido, la entrevista de este número nos va a permitir conocer de primera mano cómo ha sido el proceso de elaboración, la aprobación y las implicaciones de las nuevas BSS internacionales.

La Junta Directiva ha propuesto como uno de los objetivos de su mandato la mejora de la página web. Ésta debe de cumplir con vuestros requerimientos, pero también con el objetivo social de dar información al público, ya que los usuarios externos a la SEPR son cada vez más numerosos

Queremos dar las gracias a todos los que participáis en las actividades de la SEPR, porque vosotros ayudáis generosamente a mantener la solidez y el buen funcionamiento de la sociedad, y esperamos que muchos más socios se unan con este objetivo.

MARISA ESPAÑA
Presidenta de la SEPR



Secretaría Técnica

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

Junta Directiva

Presidenta: M^a Luisa España
Vicepresidente: Eduardo Gallego
Secretaría 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 Enriquez, Rosa Gilarranz, Margarita Herranz, Carmen Rueda, Pedro Ruiz, Angeles Sánchez y Alejandro Úbeda

Comisión de Publicaciones

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

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^a 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

IGNACIO AMOR

JEFE DEL ÁREA DE SERVICIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL CSN

Con motivo de la aprobación de las nuevas Normas Básicas de Seguridad Radiológica del OIEA (BSS) el pasado mes de septiembre, Ignacio Amor, que ha participado activamente como representante español en los Comités Técnicos para su desarrollo, nos comenta en esta entrevista como ha sido el proceso de elaboración aprobación y las implicaciones de las mencionadas normas en las diferentes áreas de la protección radiológica

El pasado mes de septiembre se aprobaron las nuevas Normas Básicas de Seguridad Radiológica del OIEA (BSS), tras un proceso iniciado en abril de 2006.

¿Cuáles fueron los objetivos que se marcaron en 2006 para plantear esta revisión? ¿Cuáles han sido los principales hitos de este proceso?

El objetivo fundamental de la revisión de las BSS ha sido el de adaptar dichas normas a las recomendaciones básicas de ICRP-103; de hecho, si la revisión de las BSS se inicia en 2006 es porque en aquel momento ya estaba disponible un borrador razonablemente representativo de lo que posteriormente (en marzo de 2007) serían dichas recomendaciones básicas.

Pero dicha revisión ha tenido otro objetivo adicional relevante que ha sido el de alcanzar la necesaria consistencia, tanto en su contenido como en su estilo, entre las BSS y las normas de igual nivel jerárquico aprobadas por el OIEA en estos últimos años en áreas temáticas como las emergencias, los residuos y el transporte, que también forman parte del ámbito de las BSS.

En cuanto a los principales hitos del proceso de revisión, en primer lugar he de destacar la constitución en octubre de 2006 de una Secretaría Conjunta para coordinar el proceso de revisión en la que, además del OIEA, han estado representadas las mismas organizaciones internacionales que copatrocinaron las anteriores BSS (FAO, OIT, OMS, OCDE y OPS),



y otras dos organizaciones más (Comisión Europea y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) como posibles copatrocinadores de las nuevas BSS.

En segundo lugar he de señalar que se han elaborado un total de cinco borradores, el tercero de los cuales se distribuyó (en enero de 2010) para comentarios a todos los estados miembros del OIEA. El quinto borrador,

que fue objeto de consideración en la reunión de la Comisión de Normas de Seguridad de mayo de 2010, fue el que finalmente aprobó la Junta de Gobernadores del OIEA en su reunión de septiembre de 2010.

Las nuevas normas definen, principalmente, los requisitos para la protección de las personas y el medioambiente ante los efectos de las radiaciones ionizantes. ¿Cuáles son, en su opinión, los



aspectos más relevantes de las BSS?

¿Afectan a los profesionales, o también se aplican al público? En este caso, ¿Cuál es la cobertura y en qué casos? ¿Qué otros aspectos establecen las nuevas normas?

Como aspectos más relevantes de las nuevas normas yo señalaría:

- Que incorporan los aspectos esenciales del sistema de protección establecido en las recomendaciones básicas de ICRP-103.
- Que revisan a la baja, y además de forma significativa, el límite de dosis al cristalino para trabajadores expuestos, que pasa de 150 mSv/año a 20 mSv/año como valor promedio en cinco años.
- Que por primera vez en unas normas de este nivel jerárquico se establecen valores numéricos para los niveles de desclasificación (o dispensa) que vienen a definir los umbrales por debajo de los cuales los residuos radiactivos de muy baja actividad se pueden gestionar por vías convencionales.
- Que consideran no justificadas, salvo en casos excepcionales (para los que se imponen requisitos muy estrictos), las exposiciones a rayos X de personas con fines distintos de los estrictamente médicos, como pueden ser las que se realizan con fines legales (drogas, contrabando, etc.) o por motivos de seguridad (terrorismo).
- Que dedican especial atención a los requisitos de seguridad aplicables a la exposición médica de pacientes

Las BSS afectan a los trabajadores expuestos, a los pacientes sometidos a exposición médica y a los miembros del público ya sea como resultado:

- De su exposición a los efluentes radiactivos y a los residuos procedentes de las instalaciones nucleares y radiactivas.
- De su exposición a fuentes de radiación natural como son el radón en viviendas o los radionucleidos de

origen natural contenidos en productos básicos como alimentos, agua potable, piensos, fertilizantes, materiales de construcción, etc.

- De su exposición en situaciones de emergencia nuclear o radiológica.
- Y por último, de su posible exposición a rayos X con fines no médicos como pueden ser los de los escáneres corporales utilizados en algunos aeropuertos para prevenir acciones terroristas.

En todo caso, es importante señalar que para asegurar la adecuada protección de los trabajadores expuestos, de los pacientes y de los miembros del público, las BSS establecen asimismo requisitos para otros muchos actores: suministradores de fuentes, fabricantes de equipos radiactivos, proveedores de productos de consumo, médicos prescriptores, físicos médicos, titulares de licencias, empleadores, autoridades reguladoras y gobiernos.

Uno de los aspectos más relevantes de las normas de seguridad radiológica está relacionado con los límites de dosis. ¿Cómo se definen los límites en las nuevas BSS? ¿Cómo pueden transmitirse estos límites a la población para una mejor comprensión de la radiactividad ambiental?

El concepto de límite de dosis en las BSS del OIEA es consistente con lo establecido en las recomendaciones básicas de ICRP-103, es decir, es un concepto ligado al individuo y que se refiere a la suma de las dosis resultantes de todas las fuentes o actividades sometidas a control a las que ese individuo pueda quedar expuesto. Para asegurar el cumplimiento de ese límite es para lo que se establecen restricciones de dosis para cada una de esas fuentes o actividades, restricciones que vienen a representar algo parecido a lo que sería un límite por fuente.

El conseguir que la población en general pueda asimilar este concepto es

algo muy difícil; de hecho, en mi opinión, uno de los problemas históricos de la protección radiológica es el de utilizar términos sencillos y habituales (límite, restricción, etc.) para conceptos que en realidad son bastante complejos. Para la población en general un límite representa la frontera entre lo que es seguro y lo que es peligroso y esto no sucede en el caso de los límites de dosis, que lo que en realidad representan (según se explicaba en ICRP-60) es el techo inferior del riesgo no aceptable.

Yo he actuado como asesor de tribunales en alguna reclamación por daños presuntamente radioinducidos y he podido constatar que los jueces son incapaces de asimilar jurídicamente un sistema tan peculiar, como es el de la protección radiológica, en el que el hecho de exceder el límite de dosis no implica necesariamente la aparición de daños, y en el que el hecho de respetar el límite de dosis no garantiza necesariamente la ausencia de daños.

En fin que, después de más de treinta años en el mundo de la protección radiológica, soy bastante pesimista en cuanto a las posibilidades de que la población en general pueda comprender y asimilar unos límites de naturaleza tan peculiar como son los utilizados en como parte de nuestro sistema de protección radiológica.

En cuanto al proceso de elaboración, ¿qué países han participado en el mismo? ¿Cuál ha sido la representación española?

Los países que han participado más activamente en el proceso de revisión de las BSS son los aproximadamente cuarenta que están representados en los dos comités técnicos del OIEA (RASC y WASSC) donde se han revisado y discutido los sucesivos borradores de las normas y, entre esos países, el mayor protagonismo ha correspondido-

do a aquellos con mayor desarrollo regulador en materia de protección radiológica: Estados Unidos, estados miembros de la Unión Europea, Canadá, Japón, Argentina, etc.

Pero he de incidir en que todos los estados miembros del OIEA han participado (o han tenido la oportunidad) de participar en el proceso de revisión, pues ya he comentado que el tercer borrador de las BSS se distribuyó para comentarios de todos los estados miembros.

En lo que se refiere a la participación española, nuestro país ha contado con representantes en los dos comités técnicos del OIEA antes citados (María Teresa Sanz y yo mismo); hay que destacar además que (en septiembre de 2008) el CSN constituyó un grupo de trabajo para el seguimiento y análisis de los sucesivos borradores de las normas; en dicho grupo de trabajo participaron además del CSN, representantes del Ministerio de Industria, del Ministerio de Sanidad, de Unesa, de Enresa, de Enusa, del Ciemat, de la SEPR y de la SEFM.

Por tanto, se puede decir que nuestro país ha tenido un papel activo en el proceso de revisión, aportando un buen número de comentarios a los distintos borradores de las normas y, lo que es más importante, que todas las organizaciones nacionales concernidas con los requisitos de las BSS han estado involucradas en el proceso de revisión y han tenido la oportunidad de contribuir a esos comentarios.

Con relación a la puesta en práctica de las normas, ¿cómo afecta a las diferentes áreas de la protección radiológica (industria, sanidad)? ¿Cuál es el calendario previsto?

En mi opinión, son dos las áreas de la protección radiológica en que las BSS van a tener un mayor impacto, especialmente a nivel regulador:



- En todo lo relacionado con la exposición a fuentes de radiación natural, donde las BSS son bastante menos flexibles y mucho más exigentes que lo que lo eran en su anterior versión.
- Y en todo lo relacionado con las situaciones de emergencia, donde las BSS incorporan la nueva filosofía de optimización establecida en las recomendaciones básicas de ICRP-103, lo que obligará a transformar el actual sistema de respuesta en emergencias, que está basado en la utilización de niveles de intervención (es decir, en las dosis evitadas), en un sistema basado en la utilización de niveles de referencia (es decir, en las dosis residuales).

También hay que señalar que el nuevo límite de dosis al cristalino va a suponer un importante reto en todas aquellas actividades en las que las dosis al cristalino pueden ser significativas, como por ejemplo sucede en el ámbito de la radiología intervencionista, en el que habrá que modificar procedimientos de trabajo y de vigilancia radiológica.

Por último, la exigencia de someter a control regulador aquellas actividades

que implican la exposición de personas a rayos X con fines distintos a los estrictamente médicos (legales, seguridad, etc.) tendrá también importantes implicaciones para las autoridades reguladoras.

En cuanto al calendario previsto para la implantación de estas normas, hay que señalar que las BSS únicamente son de obligado cumplimiento para los países sujetos al Programa de Asistencia Técnica del OIEA, lo que no es el caso de España. Sin embargo, todos estos aspectos que acabo de comentar también están incluidos en la propuesta de directiva europea en la que se establecerán las futuras Normas Básicas de la Unión Europea, y estas sí serán de obligado cumplimiento para nuestro país. Esta propuesta se encuentra en estos momentos en fase de discusión en el Grupo de Cuestiones Atómicas y en opinión de la Comisión Europea podría estar aprobada para finales de 2012 (fecha algo optimista en mi opinión). Si esto fuera así, las normas deberían estar implantadas en las legislaciones nacionales para finales de 2014.

LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva celebró su quinta reunión de 2011, en la sede de la secretaría, el día 15 de diciembre. Durante la misma se realizó el análisis de las actividades que la Sociedad ha realizado en el primer semestre del año 2011.

Eduardo Gallego presentó la propuesta ya casi cerrada del plan de actividades para el año 2012 que fue previamente tratada en la Comisión de Actividades Científicas y cuyo resumen se presenta también en este número de la revista.

El tesorero, Alejandro Úbeda, presentó las cuentas de la Sociedad y su estado a 1 de diciembre, ya próximo al cierre del ejercicio 2011.

Marisa España, nuestra presidenta, presentó la revisión del plan estratégico y las propuestas para la elaboración del nuevo Plan Estratégico 2012-2016.

Otros temas tratados fueron:

- Aprobación del alta de seis nuevos socios y baja de 11.
- Designación de delegados para la Asamblea General de la IRPA que se celebra coincidiendo con la celebración del Congreso IRPA 13.
- Aprobación de las propuestas hechas a la Junta Directiva por parte de la Comisión de Publicaciones en su reunión del 15 de noviembre.
- Propuestas para los comités científico y organizador del próximo congreso conjunto de Cáceres.

Beatriz Robles
Secretaría General de la SEPR

Comisión de Asuntos Institucionales

La Comisión de Asuntos Institucionales (CAI) se reunió el pasado 30 de noviembre, con temas variados en la agenda, que reflejan la actividad desarrollada en los últimos meses.

Plan Estratégico 2012-2014

A punto de cerrarse ya el periodo planteado para el actual plan estratégico de la SEPR, se ha hecho repaso del estado de desarrollo alcanzado para cada una de las líneas del mismo, y a partir de ello se va a comenzar a plantear una actualización del plan para el periodo 2012-2014, que se irá desarrollando a lo largo de este año entre la propia CAI y la Junta Directiva (JD) para tenerlo preparado de cara a su aprobación por la Asamblea General del próximo otoño.

La CAI también ha informado favorablemente y se han formulado algunos comentarios al borrador del Plan de Actividades 2012, previamente elaborado por la Comisión de Actividades Científicas (CAC).

Relaciones institucionales

Se constata la necesidad de tener en cuenta que las condiciones de crisis económica actuales, que sin duda afectan a los socios colaboradores y los patrocinadores de la SEPR, pueden llevar a una reducción en sus contribuciones económicas para el sostenimiento de las actividades de la sociedad. Esto

ha sido ya un hecho en 2011 y la situación tiende a ser más seria para 2012.

Así mismo, se ha debatido sobre las relaciones con otras sociedades y su impacto en la nuestra, destacando la participación por invitación del vicepresidente de la SEPR en el reciente congreso de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA), del que han surgido iniciativas para colaborar en algunas actividades. En concreto, desde la CAC se han planteado sendas jornadas sobre protección radiológica en industrias NORM y calidad radiológica ambiental en España, en las que la SESA será invitada a participar. Igualmente se ha planteado el interés de organizar próximamente alguna jornada en colaboración con la Sociedad Nuclear Española, sobre cuestiones de protección radiológica en el sector nuclear.

Por el contrario, dado su escaso impacto en la vida de la sociedad, y por suponer un coste anual significativo, la CAI ha recomendado a la JD interrumpir la participación en la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), dado que sus actividades se centran en la política de investigación, que en el caso de la SEPR es solo una faceta de parte de los profesionales que la integran.

En el apartado institucional se resalta que, tras los cambios en el Gobierno nacional y en los autonómicos, será necesario realizar una labor de aproximación a los responsables de salud pública de los mismos para darles a conocer la SEPR y buscar su apoyo, en especial con respecto a las cuestiones de protección en el ámbito médico.

Relaciones internacionales

En el contexto de las relaciones internacionales, el vicepresidente de la SEPR asistió a la reunión de las sociedades IRPA europeas, celebrada en Londres el 17 de octubre. En ella, además de hacerse un repaso al estado de preparación del Congreso IRPA 13 de Glasgow, se abordaron muy en especial los programas para favorecer la integración de los jóvenes profesionales o científicos en las actividades de las sociedades y de la propia IRPA. Así, es de destacar el premio para ponencias presentadas por jóvenes que el Congreso IRPA Europeo de Helsinki instituyó en 2010, idea que la IRPA 13 ha adoptado y potenciado como propia. Además, el primer día del congreso se celebrará una recepción para los jóvenes, en la que se les estimulará para organizar actividades dentro de la IRPA, o incluso a crear una sección de jóvenes cuya dinámica sea decidida por ellos mismos, recibiendo el apoyo del Consejo Ejecutivo.

En la reunión se presentaron las actividades en torno a la formulación de recomendaciones y desarrollo de actividades para reforzar la cultura de protección radiológica, que han de conducir a la elaboración de un borrador de principios orientativos que se pueda someter a debate antes y durante el congreso de Glasgow. En el grupo de trabajo de la IRPA participa Fernando González como representante de la SEPR.

Por último, se debatió la política a seguir como colectivo europeo de cara a la Asamblea General de la IRPA, y más en concreto, a la elección de nuevos miembros para el Consejo Ejecutivo. Se piensa que habrá cuatro puestos vacantes para

ser renovados, y se decidió que las sociedades europeas votarían por los dos que en el proceso de "primarias" dentro del colectivo europeo obtengan un mayor apoyo. Ese proceso de pre-elección se desarrolló en diciembre, siendo los dos candidatos más apoyados Alfred Hefner (Austria) y Sigurdur Magnusson (Sociedad Nórdica), quedando a continuación, Celso Osimani (Italia) y George Sallit (Reino Unido).

La CAI abordó la cuestión de la representación de la SEPR para la Asamblea General de la IRPA, en Glasgow el 15 de mayo. Se ha propuesto a la JD que la representación se complete con miembros de la CAI siempre que el número de asistentes de la propia JD no alcance el total de seis representantes a los que la SEPR tiene derecho. También hay que destacar la contribución que la SEPR va a hacer a la IRPA mediante el desarrollo e implementación de una base de datos de cursos y recursos de formación que permita una búsqueda mucho más eficaz, abierta a todos los miembros de la IRPA, de actividades o material de formación. Esta base de datos se presentará en el Foro de Sociedades de Glasgow el día 12 de mayo.

En el apartado internacional también se está estudiando la forma en que la SEPR participe en el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica que se celebrará en Cuzco (Perú), del 2 al 4 de abril de 2012. La CAC ha propuesto la organización de una sesión por videoconferencia, que permitiría una mayor interacción entre los socios de la SEPR y los asistentes al simposio, y se está estudiando la posibilidad de que asista algún representante oficial de la sociedad.

Grupos de trabajo

Dependiendo de la CAI se mantiene el grupo de trabajo de representantes internacionales de la SEPR. Su objetivo es ofrecer un foro de intercambio de información técnica para todos aquellos socios de la SEPR que forman parte de comités y grupos de trabajo en organizaciones internacionales relacionadas con la protección radiológica. También busca aportar información a los socios sobre el contenido de las reuniones de los diferentes comités a través de la revista y la página electrónica. En ese sentido, en 2011 se dedicó un número monográfico de *RADIOPROTECCIÓN* (nº 67, abril 2011) en el que se presentaron reportes detallados de las actividades en que los distintos comités están ocupados. Hasta verano de 2011 en que ha renunciado "por retiro", el coordinador de dicho grupo de trabajo ha sido David Cancio, quien ha consolidado el grupo y ha conseguido plasmar su actividad en la publicación del citado número monográfico. Lo cierto es que se le echará mucho en falta, y la CAI quiere expresar a David su agradecimiento por la enorme labor que ha realizado al frente del mismo. Se ha propuesto a Isabel Villanueva como nueva coordinadora del grupo de trabajo, a quien la CAI desea todo el éxito.

La CAI ha formado otro grupo de trabajo sobre cultura de protección radiológica. Su objetivo es contribuir al proceso de discusión y elaboración de los "Principios de la IRPA sobre Cultura de la Protección Radiológica", que se empezaron a tratar en los seminarios organizados por la SEPR en junio de 2009 y por la IRPA en París (Francia), en diciembre de 2009, Jeju (Corea del Sur) en noviembre de 2010, y Charleston (EE UU) en febrero de 2011. Posteriormente se ha creado un grupo de trabajo en la IRPA encargado de elaborar un borrador que se

presentará a discusión en el Congreso IRPA 13 de Glasgow. El nuevo grupo de la SEPR contribuirá con sus comentarios y aportaciones al borrador de los principios, y posteriormente lo traducirá al español, una vez finalizado el documento y aprobado por la IRPA. Se han ofrecido a formar parte del mismo Fernando González como coordinador, José Gutiérrez, Cristina Correa, José Miguel Fernández Soto, Carmen Rueda, Alfonso García Lorente y Borja Rosell, a quienes la CAI desea una labor muy fructífera, que redundará en una mejor práctica de la profesión para todos los socios de la SEPR.

Eduardo Gallego

Comisión de Actividades Científicas

Con el objetivo principal de preparar el Plan de Actividades de la SEPR para 2012, así como de revisar la actividad de los distintos grupos de trabajo, el pasado día 7 de noviembre se reunió la Comisión de Actividades Científicas. En ella, según decisión de la Junta Directiva, se integran los representantes de cada área o grupo de trabajo de la SEPR.

Plan de Actividades para 2012

De la reunión salió un borrador muy avanzado y ambicioso de actividades previstas para 2012, que posteriormente ha sido revisado por la Junta Directiva en su reunión de diciembre.

En el apartado de Publicaciones, se mantendrá el ritmo habitual de aparición de la revista *RADIOPROTECCIÓN*, con dos números ordinarios y dos monográficos. Se está a punto de completar la publicación (electrónica) de la *Guía sobre criterios de protección radiológica operacional para trabajadores expuestos en instalaciones radiactivas en el sector sanitario*. Se estudiará la próxima elaboración de una guía similar para instalaciones industriales. También se va a elaborar una nueva *Guía técnica sobre gestión de residuos radiactivos en centros de investigación biológica*.

En relación con la organización de reuniones y jornadas científicas, se prevé la tradicional *Jornada sobre Protección Radiológica en 2011*, cuya fecha en principio se ha establecido para el 12 de abril. También habrá una *Jornada sobre el protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico*, que tendrá lugar en marzo y otra sobre *Protección radiológica en empresas NORM*, que se desarrollará en el Ciemat el 15 de junio, como cierre de un curso sobre ese tema. Se estudia otra posible jornada para el otoño, dedicada a la calidad radiológica ambiental en España y se colabora con las Jornadas sobre *Calidad en la vigilancia radiológica ambiental*, que tendrán lugar en Tarragona del 30 de mayo al 1 de junio. También se colabora con el Ceiden en la organización de una jornada sobre *La I+D nuclear tras Fukushima* para el mes de mayo. Además, se está colaborando con los organizadores del *Simposio Internacional sobre Protección Radiológica* que tendrá lugar en Cuzco (Perú) del 2 al 4 de abril, para poder desarrollar una sesión abierta mediante videoconferencia, aún por concretar. Y, por supuesto, la SEPR tendrá una participación muy intensa en el Congreso IRPA 13 de Glasgow (13-18 de mayo), del que se informa en otros apartados.

Especialmente activa va a resultar la actividad de formación, con varios cursos en perspectiva, estando ya confirmado para

noviembre el relativo a blindajes frente a radiaciones en las instalaciones sanitarias, incluyendo las instalaciones de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Tomografía por Emisión de Positrones (PET), radioterapia (braquiterapia y aceleradores lineales) y las de radiodiagnóstico. También se va a organizar, hacia mediados de año, un curso sobre actualización en radiobiología, poniendo al día el que hace años se organizó en dos ediciones. Se está preparando un curso sobre manejo del paciente en procedimientos con radiaciones ionizantes, principalmente destinado a personal de enfermería, que se podría grabar y ofrecer con posterioridad en formato *on-line*. Y se pretende repetir el curso *on-line* sobre formación en protección radiológica para técnicos de empresas de electromedicina, que en 2011 ha resultado muy positivo. Hay otros temas en cartera, pero que necesitan ser concretados, como por ejemplo un posible curso sobre incertidumbres en medidas de radiactividad ambiental.

Cabe recordar, finalmente, la continuidad de la Expo-PR que continuará abierta en el Centro Tecnológico Mestral, gracias al apoyo de Enresa.

Actividades de los grupos de trabajo

Los distintos grupos de trabajo mantienen una intensa actividad, como se demuestra a continuación:

- El grupo de trabajo de las UTPR, aparte de integrar a los representantes de la SEPR en el Foro con el CSN, está trabajando sobre el modelo de programa de protección radiológica para instalaciones radiactivas, casi finalizado, que una vez que sea aprobado por el Foro, será publicado por la SEPR como documento electrónico. Además se han establecido algunos subgrupos para trabajar en temas concretos.
- El grupo de radiología industrial, está poniendo locución al video grabado durante las jornadas sobre emergencias en radiografía industrial, y van a participar en reuniones del Foro Sanitario.
- El grupo de dosimetría está elaborando un documento técnico y un artículo para la revista sobre los escáneres de aeropuerto para control de personas.
- El grupo de radiaciones no ionizantes está trabajando en un número monográfico para la revista. Por otro lado, van a recabar información sobre la incidencia de las redes WiFi en las escuelas, con el fin de elaborar un documento de recomendaciones para publicar en la página electrónica de la SEPR.
- Los grupos de radiactividad ambiental, transporte de material radiactivo, y protección al paciente, se están reorganizando para desarrollar nuevas actividades en 2012.

Creación de la sección El experto responde en la página electrónica de la SEPR

A propuesta de la Junta Directiva, y trabajando conjuntamente con la Comisión de Publicaciones, se quiere crear una sección para la página electrónica de la SEPR que con el nombre *el experto responde*, esté abierta al público en general para responder a las preguntas que con frecuencia surgen sobre temas relacionados con las radiaciones y la protección radiológica. Un ejemplo de este tipo de trabajo sería el *Decálogo de preguntas y respuestas sobre radiaciones no ionizantes y telefonía móvil*, elaborado por Alejandro Úbeda y que está disponible desde el pasado verano.

Lógicamente, para responder a las preguntas, se contará con la colaboración de los distintos grupos de trabajo, para así dar mejor atención a las cada vez más frecuentes demandas de los medios de comunicación y del público en general, disponiendo de un paquete de preguntas y respuestas sobre cada tema al que referirse en caso necesario.

Isabel Villanueva y Eduardo Gallego

Reunión de la Comisión de Publicaciones

El 15 de noviembre los miembros de la Comisión de Publicaciones de la SEPR mantuvieron una reunión en la sede del Ciemat. A esta reunión asistieron, Ángeles Sánchez como secretaria de la comisión y como vocales, José Gutiérrez y Juan Carlos Mora y también Marisa España, presidenta de la SEPR y Beatriz Robles, secretaria de la SEPR. Se aprobó la realización de la publicación en la web en pdf con maquetación específica de: *Guía sobre criterios de protección radiológica operacional del personal expuesto en instalaciones radiactivas del sector sanitario*. Para la portada se propuso utilizar el mismo diseño que el utilizado para otras publicaciones de la SEPR asignándole la numeración correspondiente. En cuanto a la propuesta de publicación de *Guía técnica de caracterización y gestión de materiales residuales con contenido radiactivo: sólidos, líquidos y mixtos generados en centros de investigación biológica*, en base a la realización del proyecto de investigación llevado a cabo con Enresa se han realizado las gestiones previas con el CSN y con Enresa para llevarlo a cabo. Se hicieron varias propuestas para la página electrónica de la SEPR que se detallan a continuación: a) reorganización y nuevos apartados para la web con un nuevo apartado donde aparezca un buzón para preguntas y/o respuestas más frecuentes en el campo de la protección radiológica, b) reorganización del apartado descargables, organizándolo por contenidos y/o categorías, c) se aprueba la contratación del nuevo servidor que proporcionaría una capacidad mayor. En relación con los cursos *on line* en la web, la SEPR quiere potenciar los mismos. Se está a la espera de recibir presupuestos específicos. En cuanto a la revista se valorará la posibilidad de su elaboración en formato digital, que queda pendiente de valoración de presupuestos y otras posibilidades.

Comisión de Publicaciones

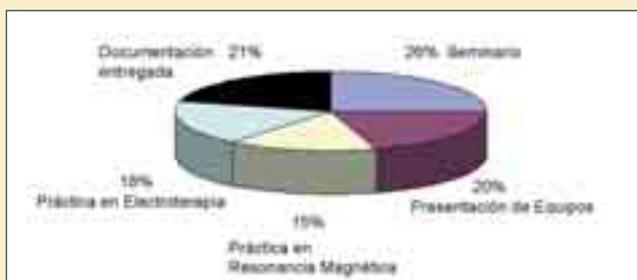
Taller sobre radiaciones no ionizantes en ambientes hospitalarios

El día 18 de octubre de 2011 se celebró en el Hospital Universitario Ramón y Cajal (HRC) la segunda edición del taller SEPR sobre *Radiaciones No Ionizantes (RNI) en ambientes hospitalarios*. El taller, fue organizado por los servicios de Protección Radiológica, Investigación-BEM (IRYCIS), Radiología y Electromedicina del HRC y contó con la colaboración de la compañía INYCOM. Al taller asistieron médicos, personal sanitario y otros profesionales de la PR, procedentes de compañías privadas y centros públicos localizados en distintas localidades españolas.

Noticias

Básicamente, la actividad consistió en una puesta al día y ampliación del taller ofrecido dentro del curso impartido en 2010, que contó con los mismos organizadores y se celebró en la misma sede. Aquel curso tenía por objetivo establecer el marco de la protección radiológica en exposiciones ocupacionales a campos electromagnéticos en el ámbito sanitario, dando información básica sobre las necesidades, normativas y estrategias de protección en este tipo de exposiciones. Dado el éxito de la convocatoria de 2010, la SEPR decidió ofrecer a sus socios reediciones anuales del curso y/o taller. En la convocatoria de 2011, la jornada incluía prácticas de dosimetría de RNI con demostraciones prácticas de mediciones, enfocado específicamente en la temática de la exposición ocupacional en el ámbito sanitario. Las prácticas, que fueron impartidas por ingenieros de Inycom, estuvieron precedidas por una charla de descripción y demostración de los equipos de medición y por un seminario introductorio, impartido por el coordinador del taller, Alejandro Úbeda (HRC-SEPR).

Las demostraciones prácticas se realizaron en las unidades de Electroterapia y de Resonancia Magnética, elegidas como



Resultado de la Encuesta de Satisfacción

representativas de los tipos y niveles elevados de exposición ocupacional a RNI en hospitales. A fin de que las prácticas pudieran realizarse con la mínima perturbación posible del normal funcionamiento de las unidades y con la máxima discreción en atención a los pacientes, solo se pudieron admitir 20 participantes para la presente edición del taller. La selección de los participantes fue realizada por riguroso orden de inscripción. Los asistentes, que fueron divididos en dos grupos y rotaron entre las unidades, recibieron formación práctica sobre los protocolos y estrategias de medición aplicables a la dosimetría específica de las radiaciones presentes en los ambientes estudiados.

Los asistentes recibieron copia de la presentación introductoria y documentación sobre las características de los diferentes equipos de medición utilizados en el taller. También se entregó una encuesta de satisfacción en la que se pedía al encuestado que calificase la formación impartida, repartiendo un total de 50 puntos entre las cinco secciones de información integradas en el taller. Se recibieron respuestas de aproximadamente el 60% de los asistentes. Los resultados de las valoraciones, resumidos en el gráfico, apuntan a la conveniencia de cuidar el equilibrio entre las cinco secciones. Los comentarios incluidos en las respuestas a la encuesta serán de gran ayuda para alcanzar ese objetivo en futuras ediciones del taller. Entre esos comentarios, uno de los más repetidos proponía que el Taller se imparta dentro de una jornada de un día, que incluya varias ponencias y proporcione a los asistentes un mayor volumen de información sobre la materia. De hecho, esa era la estructura que se dio al curso impartido en 2010, que la SEPR se propone reeditar, puesto al día y mejorado, periódicamente.

M^a Ángeles Trillo y Alejandro Úbeda
Hospital Ramón y Cajal - IRYCIS

CUZCO 2012

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Encuentro Iberoamericano de Protección Radiológica

Cuzco, Perú - 2 a 4 de abril de 2012

Se han presentado 150 resúmenes de las áreas temáticas indicadas de 15 países los cuales están siendo evaluados por el Comité Científico.

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.

Más información en: www.sprperu.org/simposio

Patrocinadores



Inscripción

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

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^{er} Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA 13)** en el nº 67 de RADIO-PROTECCION se indicaron las áreas temáticas, cursos de refresco y visitas técnicas del congreso. En el nº 69 se indicaron nuevas sesiones y otras actividades relacionadas, así como la entrevista a Eduardo Gallego, miembro del Comité Ejecutivo IRPA y a Manuel Rodríguez y Pedro Carboneras, representantes españoles en el Comité Científico del IRPA 13. En este número se indican las últimas noticias relacionadas con el congreso así como las fechas de ampliación del envío de ponencias y de inscripción.

Hasta la fecha se han presentado 1150 ponencias que han sido aceptados. La organización del congreso ha decidido volver a abrir el **plazo de envío de ponencias hasta el 29 de febrero de 2012** con la salvedad de que solo se considerarán para presentación en formato póster pues ya están organizadas las presentaciones orales. Su aceptación se comunicará en un plazo de dos semanas desde su recepción.

Se recuerda a los congresistas que el congreso ofrece becas cuya solicitud se puede tramitar en la página web (www.irpa13glasgow.com). Además de las becas generales existe una financiación especial para los congresistas con interés específico en el transporte de material radiactivo, la solicitud esta disponible también en la página web indicada.

Fechas importantes

- Fecha ampliada-límite para el envío de resúmenes (solo presentación de posters):
29 de febrero de 2012
- Fecha límite de comunicación de aceptación:
Dos semanas posteriores al envío
- Fecha límite de entrega de trabajos y pdf de posters:
12 de marzo de 2012
- Fecha límite de inscripción del autor que presente el trabajo:
12 de marzo de 2012
- Fecha límite de inscripción:
7 de mayo de 2012

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

Sede: Scottish Exhibition and Conference Centre (SECC).

Inscripción: En la página web de la SEPR (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).

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.

Patrocinadores y organizadores



Más información:

www.irpa13glasgow.com



Jornada de presentación de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales



De izquierda a derecha: Carmen Martínez Ten, Cayetano López, Carmen Amela y Marisa España.

El pasado 25 de noviembre, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), celebró la jornada de presentación de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales.

El objetivo de la jornada fue presentar al colectivo de profesionales españoles de la protección radiológica el contenido y las principales novedades recogidas en las nuevas Normas Básicas de Seguridad Internacionales (NBS), que se han aprobado recientemente. Esta nueva revisión recoge las modificaciones introducidas en el sistema de protección radiológica por las nuevas recomendaciones de la ICRP (ICRP103), que afecta entre otros a los siguientes campos: exposición ocupacional, exposición del público, protección al paciente, situaciones de emergencia y protección del medioambiente.

La jornada fue inaugurada por Carmen Martínez Ten, presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear; por Cayetano López, director general del Ciemat; por Carmen Amela, directora general de Salud Pública y Sanidad Exterior del Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; y por Marisa España, presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

A continuación tuvieron lugar las siguientes presentaciones:

– **El proceso de revisión de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales. Aspectos destacados**, cuyo ponente fue Ignacio Amor - jefe del Área de Servicios de PR. CSN.

– A continuación tuvo lugar una mesa redonda sobre los **Aspectos más relevantes de las Normas Básicas de Seguridad** en las diferentes áreas:

- *Protección Radiológica Ocupacional*. Anna Prim, responsable ALARA de la Unidad de PR de C.N. Vandellós II.
- *Protección Radiológica del Público*. M^a Teresa Sanz, coordinadora Técnica de Protección Radiológica del Público y Vigilancia Radiológica Ambiental. CSN
- *Exposiciones Médicas*. Eliseo Vañó, catedrático del Física Médica. Facultad de Medicina de la UCM.
- *Emergencias*. José Manuel Martín, jefe del Área de Planificación de Emergencias. CSN
- *Situaciones existentes – Radón*. Beatriz Robles, responsable de la Unidad de Protección Radiológica del Público y Medio Ambiente. CIEMAT

La jornada concluyó con la ponencia sobre las **Principales diferencias entre las Normas Básicas de Seguridad Internacionales y de la Unión Europea**, cuyo ponente fue David Cancio - Asesor de PR. CIEMAT

A continuación se recoge una síntesis de las presentaciones realizadas.

EL PROCESO DE REVISIÓN DE LAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INTERNACIONALES. ASPECTOS DESTACADOS

IGNACIO AMOR - JEFE DEL ÁREA DE SERVICIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. CSN

En esta ponencia se indicó cómo se ha gestionado y realizado el proceso de revisión de las Normas Básicas de Seguridad 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, y también con el objeto de 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 NBS2 y además, como posibles copatrocinadores de las nuevas BSS, la Comisión Europea y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Las nuevas NBS establecen los requisitos para la protección de las personas y el medioambiente 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 que 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.

En este número de RADIOPROTECCIÓN, en la entrevista realizada a Ignacio Amor, que ha tenido una participación activa en el desarrollo de las mencionadas normas, como representante español en uno de los comités técnicos del OIEA, se indica con más precisión cómo ha sido el proceso de revisión de las mencionadas normas y los aspectos más relevantes de su aplicación en las diferentes áreas de la protección radiológica.

En el proceso de revisión han participado, además del OIEA, las organizaciones internacionales que copatrocinaron las anteriores NBS2 y además, como posibles copatrocinadores de las nuevas BSS, la Comisión Europea y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL. REQUISITOS PARA SITUACIONES PLANIFICADAS

ANNA PRIM - RESPONSABLE ALARA DE LA UNIDAD DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. C.N. VANDELLÓS II

En las nuevas *Basic Safety Standards* (BSS) del OIEA se detallan los requisitos a aplicar en situaciones planificadas. Dichos requisitos, agrupados en diez requisitos generales (*overarching requirements*), no han sufrido grandes variaciones respecto a las anteriores BSS, pero sí se pueden resaltar algunos aspectos.

En primer lugar, en el Requisito 19, se recogen las responsabilidades del órgano regulador relacionadas específicamente con la exposición ocupacional, para asegurar la optimización de la protección y la seguridad, así como los límites de dosis.

En el Requisito 20 se desarrollan las responsabilidades del órgano regulador en materia de vigilancia y registro de la exposición ocupacional, así como la necesidad de que el regulador autorice o apruebe los proveedores de servicios para la vigilancia individual y calibración.

El Requisito 21 establece las responsabilidades de los empleadores, licenciatarios y registrados con respecto a la protección de los trabajadores, entre las cuales figura el cumplimiento de los límites de dosis: estos límites para exposiciones ocupacionales se han mantenido iguales a los establecidos en las anteriores BSS, salvo el límite de dosis al cristalino, que, en base a las recomendaciones de ICRP, ha sido rebajado desde 150 mSv/año a un valor de 20 mSv/año promediado en 5 años consecutivos (100 mSv en 5 años) y 50 mSv en un año para los trabajadores expuestos. Igualmente, para estudiantes entre 16 y 18 años, este límite se ha fijado en 20 mSv/año. El Requisito 21 también indica que los empleadores, licenciatarios y registrados deberán dar participación a los trabajadores en optimización de la protección y la seguridad, así como establecer y usar las restricciones como parte de la optimización.

El Requisito 22, que desarrolla el cumplimiento de las normas por parte de los trabajadores, y el Requisito 23, que describe el grado de cooperación requerido entre los empleadores, licenciarios y registrados, no han sufrido cambios respecto a las anteriores BSS.

El Requisito 24 establece las disposiciones en el marco de la protección radiológica. Es un requisito extenso, del que cabe destacar, como novedad, la recomendación de reducir al mínimo la necesidad de depender de controles administrativos y equipos de protección personal para la protección y la seguridad, priorizando sobre éstos los controles técnicos. Cabe indicar que en las BSS no se establece la distinción de trabajadores expuestos en las categorías A y B.

El Requisito 25 resume las responsabilidades para la correcta evaluación de la exposición ocupacional y la vigilancia de la salud de los trabajadores. La novedad incorporada en este requisito respecto a las anteriores BSS es la

necesidad de que la evaluación y registro de la exposición ocupacional sea realizada mediante un proveedor de dosimetría autorizado o aprobado que trabaje en el marco de un sistema de gestión de calidad.

Los requisitos 26, 27 y 28, que detallan la información, instrucción y capacitación a los trabajadores, las condiciones de servicio y los arreglos especiales, respectivamente, no incorporan cambios mayores respecto a las anteriores BSS. Aún así, cabe destacar que el Requisito 28 requiere que los empleadores y titulares faciliten información a las trabajadoras en zona vigilada o controlada o que puedan participar en tareas de emergencia, sobre los riesgos al embrión o feto y el riesgo al lactante, así como la importancia de comunicar prontamente su estado de embarazo o lactancia. En ningún caso, la comunicación por parte de la trabajadora de embarazo o lactancia es un requisito de la norma.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO

M^ª TERESA SANZ - COORDINADORA TÉCNICA DE PR DEL PÚBLICO Y VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL. CSN

Requisitos generales para las exposiciones planificadas

Incluyen los mismos requisitos que los de las BSS anteriores asociados a las prácticas pero con detalles y matices añadidos.

El alcance de los requisitos genéricos es similar al establecido en las BSS antiguas para las prácticas.

De la comparación con los requisitos antiguos destacan las diferencias en los requisitos relativos a exención y desclasificación que se recogen en el Apéndice I.

Se han separado los criterios para exención de los de desclasificación y para exención se incluyen dos tablas, aplicable una a cantidades moderadas y la otra a cantidades grandes de materiales radiactivos.

Para desclasificación se incluyen criterios para materiales con radionucleidos de origen natural.

Se añaden tres requisitos nuevos sobre investigaciones y retroinformación sobre la experiencia operacional, generadores de radiación y fuentes radiactivas y obtención de radioimágenes.

En relación con las investigaciones y retroinformación sobre la experiencia operacional se requiere a los titulares la realización de investigaciones de las condiciones anor-

males que se den durante la explotación de instalaciones o realización de actividades y la información al órgano regulador.

En relación con los generadores de radiación y fuentes radiactivas se requiere a los titulares, incluyendo proveedores o fabricantes, el establecimiento de medidas para el control y seguridad de estos generadores y fuentes.

En relación con la obtención de radioimágenes se requiere que el uso de la radiación ionizante para la obtención de imágenes de seres humanos con fines distintos del establecimiento de diagnóstico médico, tratamientos médicos e investigaciones biomédicas esté supeditado al sistema de protección y seguridad.

Requisitos para la exposición planificada del público

No tienen cambios significativos respecto a las BSS anteriores. Regulan los siguientes aspectos:

- Responsabilidades del Gobierno y el órgano regulador.
- Responsabilidades de las partes pertinentes.
- Desechos radiactivos y descargas.
- Monitorización y notificación.
- Productos de consumo.

EXPOSICIONES MÉDICAS

ELISEO VAÑÓ - CATEDRÁTICO DE FÍSICA MÉDICA. FACULTAD DE MEDICINA DE LA UCM

En las nuevas Normas Básicas de Seguridad (*Basic Safety Standards, BSS*) del OIEA, el tema de las exposiciones médicas ocupa ocho páginas de las 67 del texto principal (IAEA, GSR Part 3, Interim Edition 2011). Sin embargo algunos de los aspectos relativos a las exposiciones ocupacionales se deben buscar fuera de la sección médica, a pesar de que en el ámbito médico, pueden estar muy relacionadas.

Hay que hacer notar que la traducción de algunos términos en la versión castellana puede resultar extraña para el lector español y presenta alguna deficiencia en alguno de ellos. Por ejemplo se utiliza el término "niveles de referencia diagnósticos" que en la Directiva Europea de Exposiciones Médicas (97/43/EURATOM) se tradujo por "niveles de referencia para diagnóstico".

La implicación del físico médico en el uso terapéutico de las radiaciones se trata de forma muy dispar en comparación con los procedimientos radiológicos de diagnóstico y los procedimientos de intervención guiados por imágenes. En este segundo caso se admite que los requisitos de calibración, dosimetría y garantía de calidad, así como la aceptación y puesta en servicio de un equipo radiológico médico sean realizados por un físico médico o bajo su supervisión o con el asesoramiento por escrito de éste, estando determinado el grado de participación

por la complejidad de los procedimientos radiológicos y los riesgos radiológico conexos.

Los requisitos relativos a la exposición médica (3.144 a 3.184) se aplican también a las exposiciones voluntarias, involuntarias y accidentales.

El Requisito 34 resume las responsabilidades del Gobierno en materia de exposición médica y asegura que se establezcan niveles de referencia diagnósticos, restricciones de dosis y criterios y directrices sobre el alta de los pacientes.

En el Requisito 35 se incluyen las responsabilidades del órgano regulador en esta materia que exigirá que los profesionales estén especializados en el área apropiada y cumplan con los requisitos relativos a la enseñanza, la capacitación y la competencia en la especialidad pertinente.

El Requisito 37 establece las responsabilidades de los titulares registrados y los titulares de licencias que velarán porque ninguna persona sufra exposición médica a no ser que haya sido remitida por un especialista, garantizada su protección y seguridad y se le haya informado de los beneficios y riesgos previstos.

El Requisito 37 y el 38 establecen la necesidad de justificar y optimizar las exposiciones médicas respectivamente.

El Requisito 39 se refiere a las mujeres embarazadas y mujeres lactantes asegurando mecanismos de protección



radiológica apropiados por parte de los titulares registrados o de licencias.

En el Requisito 40 se insta a los titulares registrados o de licencias, a establecer mecanismos para garantizar la protección radiológica apropiada a los miembros del público y familiares de los pacientes tratados con terapia de radionucleidos antes de darles el alta.

En el Requisito 41 se establece que los titulares registrados y de licencias asegurarán que se adopten todas las medidas factibles para reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan exposiciones médicas involuntarias o accidentales, que se investigarán y se aplicarán las medidas correctoras.

El Requisito 42 trata sobre los exámenes en el área radiológica y los registros de las instalaciones de irradiación médica.

El contenido de la norma puede presentar algunos problemas en la práctica. Por ejemplo, en el apartado 3.147, se indica que "al fijar esos niveles de referencia diagnósticos se tendrá en cuenta la necesidad de lograr una calidad adecuada de las imágenes para poder satisfacer los requisitos del párrafo 3.168". Pero ese requerimiento podría ser escaso sin un análisis de los protocolos de los procedimientos.

El apartado 3.170 referente a los programas de garantía de calidad está muy orientado al equipamiento. No se destaca la importancia de las evaluaciones de protocolos y de dosis a los pacientes.

Es sin embargo muy positivo que en el apartado 3.153 se indique que "los titulares registrados y los titulares de licencias velarán por que ... se cuente con suficientes personas.

EMERGENCIAS

JOSÉ MANUEL MARTÍN - JEFE DEL ÁREA DE PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS. CSN

En este apartado no se producen grandes cambios respecto de las anteriores BSS, si bien su adopción requerirá cambios en la normativa vigente.

Las situaciones de exposición de emergencia, pasan a ser uno de los tres tipos de exposición considerados y conviven con las exposiciones planificadas y las exposiciones existentes, siendo en estas últimas en las que habitualmente concluirá una exposición de emergencia.

Se deberá mantener un sistema de gestión de emergencias proporcional a los riesgos y que dé respuesta eficaz a emergencias, incluso a las de muy baja probabilidad.

Se contemplarán aspectos de la emergencia del nivel local, nacional e internacional, de entre otros: evaluación de riesgo; elaboración planes y procedimientos de emergencia; asignación de responsabilidades; cooperación y coordinación entre organizaciones que contemple aspectos de comunicación, incluida la información pública; estrategias de protección optimizadas del público y del medioambiente; mecanismos de protección de los trabajadores de emergencias; formación de todas las personas que participan en la respuesta a emergencias; preparativos para la transición a una situación de exposición existente; mecanismos de respuesta médica y de salud pública; mecanismos para la vigilancia individual, del medioambiente y de evaluación de la dosis; mecanismos para participación de las organizaciones pertinentes y las partes interesadas. Y

se requiere una coordinación de los mecanismos y capacidades nacionales con mecanismos internacionales para casos de emergencia.

En fase de planificación se elaborarán, justificarán y optimizarán estrategias de protección, para evitar efectos deterministas en los participantes y reducir la probabilidad de efectos estocásticos debidos a la exposición del público.

La estrategia de protección consistirá:

- 1) En fijar un nivel de referencia en dosis residual, (dosis efectiva del orden de 20 a 100 mSv), por todas las vías de exposición. La estrategia de protección, debe planificar que las dosis residuales sean tan bajas como sea razonablemente posible, por debajo del nivel de referencia, y debe optimizarse la estrategia.
- 2) Con los resultados obtenidos de la optimización de la estrategia de protección, se elaborarán criterios genéricos de medidas protectoras específicas y de otras medidas, expresados en dosis proyectada o dosis recibida. Caso de superar los criterios genéricos se aplicarán las medidas protectoras y otras medidas, por separado o combinadas.
- 3) Optimizada la estrategia de protección y elaborado el conjunto de criterios genéricos se calcularán elementos desencadenantes (en inglés, *trigger values*) preestablecidos por defecto para iniciar las distintas partes del

plan de emergencia, sobre todo en fase inicial. Estos elementos desencadenantes, los niveles de intervención operacional y los niveles de actuación de emergencia, se expresarán en función de parámetros o condiciones observables y se establecerán mecanismos para revisar esos elementos desencadenantes (*trigger values*) en función de la evolución de la emergencia.

Cada medida protectora se justificará en el contexto de la estrategia de protección y como la emergencia es un proceso dinámico, decisiones tomadas en fase temprana repercutirán en medidas posteriores, debe tenerse en cuenta además que distintas zonas geográficas tendrán distintas condiciones y necesidades de respuesta.

La respuesta a una situación de exposición de emergencia requiere aplicación de los siguientes mecanismos:

- a) Pronta aplicación de medidas protectoras para evitar efectos deterministas graves;
- b) Evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas y si procede su modificación;
- c) Comparación de las dosis residuales con el nivel de referencia aplicable, otorgando prioridad a los grupos con dosis residuales superiores al nivel de referencia;
- d) Necesidad de otras estrategias de protección, en función de resultados y evolución.

Se establecerán para los participantes, programas de gestión, control y registro de las dosis recibidas y gradualmente se aplicarán a éstos los requisitos relativos a la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificadas, salvo en circunstancias excepcionales.

Ningún participante recibirá dosis superiores a 50 mSv salvo:

- a) Para salvar vidas o prevenir lesiones graves;
- b) Evitar efectos deterministas graves o impedir condiciones catastróficas;
- c) Realizar actividades para evitar una gran dosis colectiva.

En las circunstancias excepcionales citadas, las dosis de los participantes estarán dentro de ciertos valores (500-1000 mSv) y las actividades se realizarán cuando los beneficios superen claramente a los riesgos. Las actividades en las que las dosis a participantes pudieran exceder de 50 mSv, se realizarán de manera voluntaria; y siempre que éstos estén informados de los riesgos y entrenados.

Como norma general, no se impedirá a trabajadores que hayan recibido dosis en emergencias seguir sometidos a exposición ocupacional, y se recabará asesoramiento médico cualificado antes de una nueva exposición ocupacional cuando el trabajador haya recibido una dosis superior a 200 mSv, o si el propio trabajador lo solicita.

Se establecerán mecanismos para la transición de una situación de exposición de emergencia a una situación de exposición existente. La transición de responsabilidades entre autoridades, organizaciones pertinentes y partes interesadas, se hará de manera coordinada y ordenada.

Los trabajadores que participen en las tareas de recuperación post-emergencia deberán cumplir los requisitos relativos a la exposición ocupacional de las situaciones de exposición planificadas que se indican en la sección 3 de las BSS.

SITUACIONES EXISTENTES : RADÓN

BEATRIZ ROBLES - RESPONSABLE UNIDAD DE PR DEL PÚBLICO Y MEDIO AMBIENTE.CIEMAT

Los requisitos correspondientes a las situaciones existentes aparecen recogidos en la Sección 5 de las nuevas Normas Básicas de Seguridad del OIEA. El ámbito de aplicación es la exposición debida a la contaminación de zonas por materiales radiactivos residuales derivados de actividades del pasado no sujetas a control reglamentario o las de una emergencia nuclear o radiológica una vez terminada la exposición de emergencia; la exposición debida a productos básicos con radionucleidos derivados de materiales radiactivos; y la exposición debida a fuentes naturales: radón y torón y su progenie en lugares de trabajo, radón en viviendas y edificios de alta ocupación, radón en productos básicos independiente de su concentración

de actividad, otros materiales diferentes de los productos básicos, donde la concentración de actividad no exceda para los radionucleidos de la cadena del TH y el U 1 Bq g⁻¹ y para el 40K 10 Bq g⁻¹; y por último la exposición de tripulaciones de aeronaves y naves espaciales a la radiación cósmica.

En este capítulo hay solo un requisito genérico, el 47, que establece las responsabilidades del Gobierno para asegurar que se evalúen las situaciones de exposición existentes que se hayan identificado, para determinar que exposiciones ocupacionales y del público son motivo de preocupación desde el punto de vista de la protección radiológica. Asignando responsabilidades en esta materia y

en seguridad estableciendo niveles de referencia, un marco jurídico y regulador. Asegurando que el órgano regulador vele porque se definan los objetivos de las estrategias, los niveles de referencia, las medidas reparadoras y la evaluación de la eficacia de las mismas.

Los requisitos del 48 al 50 inclusive se refieren a la exposición del público. El Requisito 48 establece las responsabilidades del Gobierno y la autoridad competente en la justificación de las medidas protectoras y la optimización de la protección y la seguridad. Tendrán que asegurar que las dosis están por debajo de los niveles de referencia, que estos se expresarán en forma de dosis efectiva anual (entre 1 y 20 mSv), y asegurar que estos niveles se examinarán periódicamente por el órgano regulador para confirmar que siguen siendo apropiados en las circunstancias imperantes.

En el Requisito 49 se establecen las responsabilidades en materia de restauración de zonas con materiales radiactivos residuales, definiéndose cuales de estas responsabilidades recaen en el Gobierno; en las personas u organizaciones responsables de la planificación, aplicación y verificación de los resultados de las medidas reparadoras o en el órgano regulador u otra autoridad competente.

El Requisito 50 hace referencia a la exposición del público al radón doméstico estableciendo que el Gobierno suministrará información sobre los niveles de radón doméstico y los riesgos conexos para la salud y, si procede, establecerá y aplicará un plan de acción para controlar la exposición del público. Los valores de referencia para viviendas y edificios de alta ocupación (jardines de infancia, colegios, hospitales..) no deberán de exceder los 300 Bq m⁻³ de

promedio anual y se deberán incluir en los códigos de edificación medidas de prevención y mitigación.

Para la exposición del público, debida a los radionucleidos presentes en los productos básicos (alimentos, piensos, agua potable, fertilizantes, materiales de construcción, etc.), la autoridad competente establecerá los niveles de referencia expresados como dosis efectiva anual para la persona representativa y no superior a 1 mSv, según está recogido en el Requisito 51. También examinará los niveles de orientación publicados en el *Codex alimentarius* (FAO/OMS), para el comercio internacional de productos que puedan contener radionucleidos procedentes de una emergencia radiológica o nuclear.

La exposición ocupacional está recogida en el Requisito 52, en el que se dispone que el órgano regulador establecerá y hará cumplir los requisitos relativos a la protección de los trabajadores en situaciones de exposición existentes. En la restauración de zonas con materiales radiactivos residuales, los empleadores velarán por que los trabajadores que realicen estas funciones estén sometidos a control de conformidad con los requisitos de las situaciones de exposición planificada (Sección 3).

Con respecto a la exposición debida al radón en los lugares de trabajo, el órgano regulador formulará una estrategia de protección y establecerá el nivel de referencia apropiado, que se fijará en un valor que no supere el promedio anual de 1000 Bq m⁻³. Este valor de 1000 Bq m⁻³, supuesto un factor de equilibrio del radón de 0.4 y una tasa de ocupación anual de 2000 horas, correspondería a una dosis efectiva anual de 10 mSv. Los empleadores



velarán por que las concentraciones de actividad estén optimizadas y por debajo de este valor de referencia y de no ser así se aplicarán los requisitos pertinentes para la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada (Sección 3).

Para la exposición de las tripulaciones de aeronaves y naves espaciales, el órgano regulador determinará si se justifica una evaluación de la exposición de las tripulaciones de aeronaves y, de ser así, establecerá un marco que incluirá el nivel de referencia de la dosis y una metodología de evaluación y registro de dosis. Cuando sea probable que este nivel de referencia se supere el empleador registrará las dosis, pondrá los registros a disposición de los tripulantes e informará acerca del riesgo para el embrión y el feto debido a la exposición a la radiación cósmica, y de la necesidad de pronta notificación del embarazo y, en su caso, aplicará los requisitos de la Sección 3 relativos a dicha notificación.

El órgano regulador establecerá cuando proceda un marco de protección radiológica aplicable a las personas que realizan actividades espaciales que sea apropiado a las condiciones excepcionales del espacio. Los requisitos de las normas no son aplicables pero se optimizará la protección restringiendo la dosis sin limitar el alcance de las actividades que realizan.

En estas nuevas normas, para el caso del radón, hay una serie de conceptos que merecen ser destacados:

- La exposición al radón en lugares de trabajo, dependiendo de la naturaleza, puede ser considerada situa-

ción planificada o existente (aproximación consistente con ICRP).

- El nivel de referencia para viviendas también aplica para edificios con elevado factor de ocupación del público.
- Los niveles de referencia están basados en medidas de concentraciones de radón en lugar de las dosis (aproximación práctica).
- Permite una mayor flexibilidad para fijar, en circunstancias excepcionales, un nivel de referencia basado en un criterio de dosis de 10 mSv/a (300 Bq/m³). Ese nivel de referencia está calculado con un factor de equilibrio de 0.4 y una tasa ocupacional de 7000 horas/año.
- Aunque los requisitos están basados en el coeficiente de riesgo nominal para todas las edades, incluyendo fumadores, exfumadores y no fumadores, las normas establecen que el gobierno debe suministrar información al público de los riesgos para la salud relacionados con el consumo de tabaco.
- Responsabiliza a los gobiernos de incluir en los códigos de construcción medidas de prevención y mitigación apropiadas para impedir la entrada de radón y facilitar la aplicación de medidas reparadoras.
- Cuando las concentraciones de radón en lugares de trabajo no puedan ser reducidas, deberán de aplicarse los requisitos pertinentes para la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada (sección 3).
- Insta al Gobierno a establecer y aplicar un plan de acción para controlar la exposición del público debida al radón en viviendas.

PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE LAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INTERNACIONALES Y DE LA UNIÓN EUROPEA

DAVID CANCIO - ASESOR DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. CIEMAT

Las Normas Básicas de Seguridad (NBS) Internacionales han sido aprobadas por el OIEA y se ha comenzado el proceso de aprobación por parte de las otras organizaciones que la copatrocinan. Las NBS Europeas están aprobadas por la Comisión pero constituyen todavía un borrador que está siendo analizado por la Comisión de Cuestiones Atómicas. En la presentación nos referiremos a la edición interina de la primera y al Doc COM593 final del 29 de septiembre con respecto a las NBS Europeas.

La Comisión Europea (Euratom) colaboró con el OIEA y las otras organizaciones patrocinantes de las NBS Interna-

cionales y en gran medida son consistentes con las NBS Europeas, no hay contradicciones importantes y los requerimientos numéricos son semejantes con alguna excepción.

Es necesario tener en cuenta que las NBS Europeas por el Tratado Euratom son obligatorias para los estados miembros, mientras que las Internacionales se dirigen a muchos países con diferentes organizaciones reguladoras e infraestructuras.

Las NBS Europeas han consolidado en un único documento cinco directivas anteriores y una recomendación; las internacionales las presentan como una revisión de las existentes.



Clausura de la Jornada. De izquierda a derecha: Eliseo Vañó, Anna Prim, Pío Carmena, M^a Teresa Sanz, José Manuel Martín y Beatriz Robles.

Una de las diferencias notables está en la propia estructura de las mismas, mientras las internacionales las presentan organizadas según las situaciones de exposición (planificada, emergencia y existente), las europeas lo hacen según las categorías de exposición (ocupacional, público y médica).

Otra diferencia notable se refiere a la exposición a fuentes naturales para las cuales las aproximaciones son diferentes. Las NBS Internacionales las consideran como exposiciones "existentes" mientras las NBS Europeas las consideran "planificadas" integradas en el sistema.

Así por ejemplo ello se aplica de esa manera a la exposición de las tripulaciones aéreas. Con respecto a las industrias NORM que procesan materiales radiactivos naturales en las NBS Internacionales se consideran también "planificadas" si se supera el nivel de exención (1Bq/g para U y Th y 10 Bq/g para K40) mientras que las europeas utilizan las dosis a los trabajadores como herramienta para decidir el alcance regulador (6 mSv/año) y también considera las dosis en el público para descargas de 0.3 mSv/año.

Por otra parte en las NBS Europeas se listan las industrias que deberían considerarse, las internacionales no las identifican. En ambas el contenido radiactivo de los materiales de construcción son considerados como exposiciones existentes y las dosis de referencia son del orden de 1 mSv/año en el interior de las viviendas, mientras

que también coinciden en un valor de referencia máximo para el radón de 300 Bq/m³ en las viviendas existentes y de 1000 Bq/m³ para los lugares de trabajo. Solo en las NBS Europeas se fijan niveles de referencia menores para viviendas de nueva construcción.

Con respecto a las exposiciones médicas las responsabilidades y el papel de los diferentes actores están distribuidos de manera diferente y hay diferencias en las definiciones de *expertos en física médica*.

Existen otras diferencias, en general en el grado de detalle que es mayor en las internacionales, así como que algunos requerimientos figuran en una de las NBS y no en la otra. En general también las NBS Internacionales ponen más énfasis en los equipamientos, mientras las europeas se centran más en el control de las dosis a los pacientes y se hacen obligatorios la formación en protección en las Facultades de Medicina, se regulan procedimientos, se exige que haya información dosimétrica en los equipos de radiodiagnóstico, registros y análisis de exposiciones al paciente no deseadas y evaluación de riesgos accidentales en radioterapia.

Si bien hay notables diferencias entre las NBS Internacionales y las NBS Europeas, los requisitos numéricos son los mismos, excepto con respecto a la radiación natural. En especial la integración de las industrias NORM en las disposiciones resultan más restrictivas en las NBS Europeas.

Rutas de transporte de la pluma radiactiva de Fukushima hasta la Península Ibérica

M. A. Hernández-Ceballos¹, R. L. Lozano¹, J. A. Adame², M. Sorribas², M. Casas-Ruiz³, E. G. San Miguel¹ y J. P. Bolívar¹

¹Departamento de Física Aplicada, Universidad de Huelva

²Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Estación de Sondeos Atmosféricos. El Arenosillo. Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica. Mazagón – Huelva

³Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cádiz

RESUMEN

Concentraciones elevadas de radionucleidos artificiales, tales como ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{134}Cs y ^{137}Cs , se midieron a lo largo del mundo en diversas estaciones de control radiológico, durante varias semanas después del accidente de la central nuclear de Fukushima (11 de marzo de 2011). En concreto, a finales de marzo y principios de abril, la pluma radiactiva de Fukushima se detectó en la Península Ibérica y Europa Occidental, demostrándose que un accidente muy local puede tener efectos a escala regional y global. Aplicando un análisis del recorrido realizado por las masas de aire, en este trabajo se ha demostrado que estos radionucleidos artificiales proceden del accidente nuclear de Fukushima. Esta influencia se ha validado mediante el estudio de las concentraciones medidas de estos radionucleidos en diversas estaciones del mundo (Japón, Océano Pacífico, USA, etc.). El estudio de la trayectoria seguida por las masas de aire demuestra que a través de la troposfera libre, la pluma radiactiva generada por el accidente de Fukushima ha experimentado un transporte intercontinental a nivel de latitudes medias realizando el viaje siguiente: Japón → Océano Pacífico → USA (costa oeste) → USA (costa este) → Océano Atlántico → Península Ibérica.

ABSTRACT

High concentrations of artificial radionuclides, such as ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{134}Cs and ^{137}Cs , were measured throughout the world in various radiological monitoring stations for several weeks after the accident at the Fukushima nuclear power plant (March 11, 2011). Specifically, in late March and early April, the radioactive plume of Fukushima was detected in Iberian Peninsula and Western Europe, proving to the accident a local, regional and global influence scale.

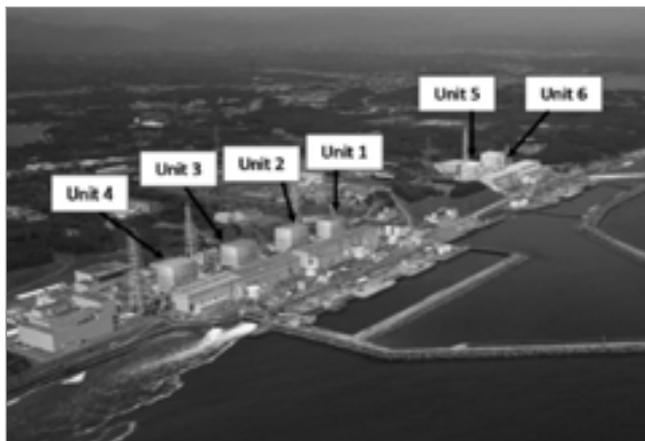
By the analysis of the air mass pathway, this work has shown that these artificial radionuclides coming from the Fukushima nuclear accident. This influence has been validated by studying the measured concentrations of these radionuclides in different monitoring stations around the world (Japan, Pacific Ocean, USA, etc.). The study of the backward trajectories show that on the free troposphere, the radioactive plume created by the accident Fukushima has experienced an intercontinental transport in mid-latitude, following this movement: Japan → Pacific Ocean → USA (west coast) → USA (East Coast) → Atlantic Ocean → Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

El 11 de marzo de 2011 un terremoto de nueve grados en la escala de Richter ocurrió cerca de las costas de Japón (epicentro 38.32°N, 142.37°E), a 130 km de Sendai (capital de la Prefectura de Miyiki), produciendo un gran *tsunami* (o maremoto) en la costa este de Japón.

En esa fecha había en Japón 55 reactores nucleares en funcionamiento, estando la mayoría de ellos situados muy próximos a las costas del país. Diversos reactores fueron

afectados por este terremoto y posterior *tsunami*, pero especialmente el maremoto causó un grave daño en los reactores nucleares de la central de Fukushima-Daichi. Posteriores explosiones originadas por el hidrógeno liberado en los reactores a alta temperatura, inyectaron significativas cantidades de productos de fisión en la atmósfera, la cual debió alcanzar las altas capas de la troposfera. Estos radionucleidos emitidos rápidamente se adhieren al material particulado atmosférico [1] y ligado a éstos aerosoles pueden viajar grandes distancias alrededor del planeta Tierra arrastrados por los



Imágenes de la central nuclear antes y después del tsunami.



elevados vientos de la troposfera libre, y ser así detectados en lugares muy lejanos de las fuentes de emisión [2, 3].

Un accidente similar al de Fukushima, pero no análogo, fue el ocurrido en Cherbobyl (Ucrania) el 26 de abril de 1986, el cual produjo serios problemas para los ecosistemas y el hombre, ya que grandes extensiones de Europa fueron intensamente contaminadas por productos de fisión como el ^{137}Cs , ^{134}Cs o ^{131}I [4].

Los dos accidentes comentados anteriormente demuestran la relación existente entre las condiciones meteorológicas, la circulación atmosférica y la dispersión de los radionucleidos emitidos en un accidente nuclear [5,6], jugando, de esta manera, la dinámica atmosférica un papel fundamental en el transporte y depósito de estas sustancias [7].

Teniendo en cuenta los hechos anteriores, es evidente que el análisis del recorrido que han realizado las masas de aire es muy útil para determinar su origen, y así poder identificar las fuentes que han generado dicho impacto, ya sea a nivel regional o global. Esta herramienta ha sido muy utilizada en estudios de calidad del aire, ya que permite identificar las regiones fuente de los sustancias presentes en la atmósfera, a través de la estimación de los caminos recorridos por las masas de aire que alcanzan la región de interés, lo que se conoce por retro-trayectoria [8, 9]. De esta manera, el análisis de retro-trayectorias, el cual explicaremos en la siguiente sección, permite conocer el camino seguido por una masa de aire durante un periodo de tiempo determinado, proporcionando un conocimiento detallado sobre su origen, desplazamiento horizontal y altitud [10, 11].

Teniendo en cuenta los hechos comentados previamente, el objetivo central de este trabajo ha consistido en encontrar las rutas de transporte que las emisiones de radionucleidos procedentes del accidente nuclear de Fukushima, tales como

^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{134}Cs y ^{137}Cs , han seguido hasta alcanzar la Península Ibérica en un corto periodo de tiempo (unas dos semanas). Para ello se estudiarán, mediante el cálculo de retro-trayectorias, los patrones de circulación que las masas de aire han seguido durante dicho periodo de tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras y determinación de radionucleidos

La red de muestreo de la Universidad de Huelva está formada por tres estaciones localizadas en el suroeste de la Península Ibérica (Figura 1), y se denominan: 1) "El Carmen", localizada en la periferia de Huelva ciudad; 2) "Puerto Real", muy cerca de la ciudad de Cádiz y; 3) "El Arenosillo", en las proximidades del Parque Nacional de Doñana.

Por otro lado, también se han tomado datos de concentraciones de actividad de los radionucleidos artificiales indicados en estaciones de control radiológico del gobierno japonés, la US-EPA (*United States Environmental Protection Agency*), de la IAEA (*International Atomic Energy Agency*), y del CSN (Consejo de Seguridad Nuclear), con objeto de recopilar datos de los lugares representativos a lo largo del mundo y de la Península Ibérica, en los que tuvo incidencia la pluma radiactiva procedente de Fukushima. Estas estaciones fueron las de Tokio (Japón, 35.70°N, 139.72°E), Takasaki (Japón, 36.50°N, 138.97°E), Saipan (*Northern Mariana Islands* - USA, 15.18°N, 145.76°E), Anaheim (California, 33.83°N, 117.88°O), Montgomery (Alabama-USA, 32.22°N, 86.27°O), Sevilla (España, 37.23°N, 5.59°O), Cáceres (España, 39.28°N, 6.22°O), y Bilbao (España, 43.15°N, 2.55°O).

En cada estación de medida están instalados muestreadores de aerosoles atmosféricos de alto volumen con cabezal

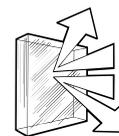


Figura 1. Localización de las estaciones de medida de la Universidad de Huelva: El Arenosillo, Puerto Real y El Carmen, junto con otras del CSN.

PM10, recogiendo el material particulado sobre filtros de fibra de vidrio (código tipo filtro "QF20" de la marca Schleicher & Schuell, de geometría rectangular con dimensiones 25.4 cm x 20.3 cm), a una velocidad de flujo de 68 m³ h⁻¹, encontrándose la toma de aire a unos 10 m sobre el suelo y en lugares no apantallados por construcciones o vegetación.

El periodo de muestreo analizado en este trabajo cubre desde la fecha del accidente hasta mediados de abril. Para las estaciones de la Universidad de Huelva el tiempo de recogida de muestra en cada muestreo es 24 h durante el episodio y 48 h para el resto de los muestreos. Antes de la colocación del filtro en el captador, éste se pesa varias veces hasta un peso constante con una balanza de sensibilidad 0.1 mg y en el interior de una habitación con humedad controlada. Una vez finalizado el muestreo, el filtro se recoge y pesa en las mismas condiciones de medida, siguiendo un protocolo confeccionado por nuestro grupo de investigación que evita las incertidumbres sistemáticas de pesada por diferencias en la humedad relativa entre el momento de pesada del filtro blanco y el filtro usado [12].

Para la medida de las concentraciones de actividad de los radionucleidos considerados en este estudio, en primer lugar cada filtro se divide en dos mitades, las cuales se pesan con precisión (0.1 mg). Una de las mitades se dobla, comprime y se introduce en una bolsa de plástico para su medida por espectrometría gamma, mientras que la segunda mitad se reserva para la medida de radionucleidos emisores alfa, fundamentalmente isótopos de U, de Th y ²¹⁰Po [12], pero éstos no se muestran en este trabajo por quedar fuera del objetivo de este estudio.

Las medidas por espectrometría gamma de la primera mitad del filtro se han llevado a cabo con un detector coaxial tipo XtRa (marca Canberra), eficiencia relativa del 38%, FWHM de 9.95 keV a 122 keV y 1.9 keV a 1333 keV. El detector está acoplado a una electrónica convencional, y se rodea con un blindaje de hierro de 15 cm de espesor.

Los detalles sobre la calibración en eficiencia de fotopico para este tipo de filtros se muestran en [13]. Los radionucleidos artificiales considerados en el estudio han sido ¹³¹I, ¹³²I, ¹³²Te, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, midiéndose sus concentraciones de actividad mediante las siguientes emisiones gamma: 364.48 keV (P_γ = 81.2%), 667.69 keV (P_γ = 98.7%), 228.16 keV (P_γ = 88.0%), 604.7 keV (P_γ = 97.6%), y 661.66 keV (P_γ = 85.2%), respectivamente [14]. Los niveles de fondo y límites de detección se muestran en la Tabla I. Los límites de detección y mínimas actividades detectables (MAD) se han calculado siguiendo la metodología de Curie [15,16].

Análisis de retro-trayectorias de masas de aire

El conjunto de retro-trayectorias durante el periodo de estudio se han calculado con el modelo "Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory" (HYSPPLIT), versión 4. Este modelo es desarrollado por el "Air Resources Laboratory" (ARL), perteneciente a la agencia estadounidense NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [17, 18]. Los archivos meteorológicos de entrada utilizados para el cálculo de retro-trayectorias han sido los ficheros GDAS generados por el modelo global "Global Data Analysis System", el cual es mantenido por el ARL. Estos archivos GDAS tienen una resolución temporal de tres horas, y una espacial dada por un tamaño de malla de 1°x1° (latitud x longitud).

Las retro-trayectorias cinemáticas (3D) se han calculado usando la información de la velocidad vertical del viento proporcionada por los ficheros meteorológicos GDAS, habiendo sido validada la información meteorológica contenida en éstos sobre el área de estudio a través de sondeos meteorológicos realizados en campañas previas [19]. La duración seleccionada para cada retro-trayectoria fue de ocho días, ya que se considera suficiente para representar los flujos sinópticos con una precisión adecuada.

Con objeto de analizar el comportamiento de las masas de aire en altura (hasta la troposfera libre) sobre el suroeste de la Península Ibérica durante el periodo de estudio, se han tomado dos emplazamientos de referencia. En primer lugar se han calculado las retro-trayectorias horarias a tres alturas diferentes (500 m, 1000 m y 1500 m) sobre la ciudad de Huelva (37.28°N, 6.91°W) durante el periodo comprendido entre el 26 de marzo al 6 de abril de 2011.

Por otro lado, también se calcularon las retro-trayectorias de ocho días sobre Washington DC - USA (38.89°N, 77.02°W) desde el 18 al 29 de marzo con objeto de conocer la conexión de flujos de aire existente desde el océano Pacífico (área de Japón) y la costa este norteamericana, donde también fueron detectados por la US-EPA radionucleidos procedentes del accidente.

Una vez se han calculado las retro-trayectorias horarias para cada uno de estos lugares de referencia (Washington y Huelva), se determinó la retro-trayectoria "promedio" para cada día del periodo considerado (que denominaremos "centroide" diario), representando este centroide el movimiento promedio de la masa de aire durante los ocho días previos a su llegada al punto de referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentraciones de actividades

En la tabla I se exponen las concentraciones de actividad en la estación de El Carmen (ciudad de Huelva) para los muestreos realizados durante un mes, desde el 15 de marzo al 15 de abril de 2011. Se observa un episodio de contaminación radiológica por productos de fisión, tales como $^{137,134}\text{Cs}$ o ^{131}I , durante los últimos días de marzo, con un pico en torno a 1 mBq m^{-3} de ^{137}Cs los días 27-29 de marzo. Después de estos días, las concentraciones de actividad de los productos de fisión decrecen en un orden de magnitud (en torno a 0.1 mBq m^{-3}) y quedan prácticamente constantes hasta el 8-10 de abril, fecha a partir de la cual dejan de detectarse ($< 0.03 \text{ mBq m}^{-3}$). Por otro lado, los cocientes de actividades $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ durante el episodio son muy constantes y cercanos a la unidad (valor medio = 0.86 ± 0.03), los cuales son muy similares a los medidos directamente en el entorno de la central de Fukushima mostrados en la Tabla II [20, 21].

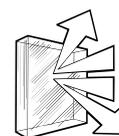
Con objeto de estudiar las rutas seguidas por la pluma procedente de Fukushima hasta la Península Ibérica (Europa Occidental), se ha realizado un detallado análisis de la evolución espacial y temporal a través de las medidas realizadas en diferentes partes del planeta.

La Tabla II recopila las concentraciones de actividad de los radionucleidos de interés para este estudio, en las diferentes localizaciones por las que viajó la pluma radiactiva generada por el accidente de Fukushima. Tal y como es esperable, las mayores concentraciones se obtienen entre el 12 y 19 de marzo en las áreas más cercanas a Fukushima (hasta 3000 mBq m^{-3} se detectaron en Takasaki, Japón). Los días posteriores al accidente se produjeron vientos constantes del oeste haciendo que la pluma radiactiva viajara hacia el este a través del océano Pacífico, detectándose por primera vez en Saipan (zona Norte de las Islas Marianas, USA). Los datos publicados de esta estación corresponden a unos 10 días después del accidente. Los siguientes días la nube radiactiva siguió viajando hacia el este y alcanza la costa oeste americana (Anaheim, California, USA), y continúa avanzando hasta llegar a la costa este, detectándose, por ejemplo, el 24 de marzo en Montgomery (Alabama, USA) y Orlando (Florida, USA) para, finalmente cruzar el océano Atlántico y detectarse el 27-28 de marzo en las islas Azores.

La nube radiactiva finalmente se detecta en las estaciones de la red de vigilancia radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) [22], en la Península Ibérica (Cáceres, Sevilla, Bilbao o Huelva) el 27-28 de marzo de 2011 (ver Tabla II). Es importante resaltar que en la red de medida de aerosoles del grupo de investigación FRYMA (Física de Radiaciones y Medio Ambiente) no se han detectado estos radionucleidos artificiales (productos de fisión) durante los más de seis años en los que se ha estado monitorizando [23], mi-

Periodo	^{131}I	^{132}I	^{132}Te	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
15/17 - 03 - 11	< 0.030	<0.027	< 0.017	< 0.026	< 0.032	—
21/23 - 03 - 11	< 0.030	<0.027	< 0.017	< 0.026	< 0.032	—
28/29 - 03 - 11	3.69 ± 0.19	0.162 ± 0.013	0.175 ± 0.018	0.88 ± 0.05	0.95 ± 0.05	0.93 ± 0.07
29/30 - 03 - 11	0.78 ± 0.04	<0.027	< 0.017	0.078 ± 0.016	0.093 ± 0.014	0.84 ± 0.21
30/31 - 03 - 11	0.82 ± 0.07	<0.027	< 0.017	0.096 ± 0.021	0.114 ± 0.013	0.84 ± 0.21
31-03-11/ 1-04-11	1.31 ± 0.11	<0.027	< 0.017	0.153 ± 0.022	0.175 ± 0.024	0.87 ± 0.17
01/04 - 04 - 11	1.19 ± 0.10	<0.027	< 0.017	0.112 ± 0.016	0.131 ± 0.017	0.85 ± 0.17
05/07 - 04 - 11	< 0.030	<0.027	< 0.017	0.044 ± 0.007	0.051 ± 0.008	0.86 ± 0.19
08/11 - 04 - 11	< 0.030	<0.027	< 0.017	< 0.026	< 0.032	—
15/17 - 04 - 11	< 0.030	<0.027	< 0.017	< 0.026	< 0.032	—

Tabla I.- Concentración de actividad (mBq m^{-3}) en la estación de Huelva.



PLACE (Latitude, Longitude)	SAMPLING DATES	¹³¹ I	¹³² I	¹³² Te	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	Reference
TOKYO (JAPAN) (35.70°N, 139.72°E)	15 – 19 marzo	5300	5200	—	1200	1200	a
TAKASAKI (JAPAN) (36.50°N, 138.97°E)	15 – 19 marzo	3000	2200	5400	1400	3000	a
SAIPAN Northern Mariana Islands (USA) (15.18°N, 145.76°E)	21 – 24 marzo	0.33 a 29	ND	0.3 a 3.7	0.21 a 0.25	0.15 a 1.5	b
ANAHEIM California (USA) (33.83°N, -117.88°W)	18 – 22 marzo	2.9 a 6.3	0.67 a 0.81	0.70 a 0.81	0.28 a 0.63	0.055 a 0.30	b
MONTGOMERY Alabama (USA) (32.22°N, -86.27°W)	24 – 31 marzo	2.0 a 5.5	ND	ND - 3.5	ND	ND - 0.067	b
ORLANDO Florida (USA) (28.55°N, -81.37°W)	24 marzo	7.4	0.444	0.888	0.555	0.703	b
EL ARENOSILLO Huelva (37.10°N, -6.73°W)	29 marzo – 7 abril	0.07 to 0.80	ND	ND	ND - 0.084	ND - 0.127	This work
PUERTO REAL Cádiz (36.53°N, -6°19°W)	29 marzo – 7 abril	0.07 a 0.63	ND	ND	0.045 a 0.052	0.079 a 0.120	This work
Sevilla (37.23°N; 5.59°O)	21 marzo – 13 abril	0.04 a 0.62	—	—	0.0068 a 0.051	0.0059 a 0.034	c
Cáceres (39.28°N; 6.22°O)	26 marzo a 9 abril	0.217 a 2.3	—	—	0.015 a 0.22	0.038 a 0.21	c
Bilbao (43.15°N; 2.55°O)	25 marzo a 11 abril	0.082 a 0.9	—	—	0.013 a 0.073	0.017 a 0.077	c

Tabla II. Concentración de actividad ($mBq\ m^{-3}$) para diferentes radionucleidos en distintos lugares en el mundo después del accidente de a) datos tomados de la AEA (2011); b) datos tomados de la U.S.E.P.A.(2011); c) datos tomados de CSN (2011).

diéndose durante dicho período únicamente radionucleidos naturales (7Be , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po , ^{238}U , ^{232}Th , etc.).

A modo de resumen del análisis previo, y como era de esperar, resaltar que las mayores concentraciones de radionucleidos corresponden a las estaciones japonesas, siendo éstas tres órdenes de magnitud mayores que las medidas en América del Norte y Europa. Obviamente, la pluma radiactiva se va transportando y dispersando, según viaja desde Japón a Europa, por la troposfera libre y las concentraciones de actividad decrecen muy significativamente hasta valores inferiores a los límites de detección del método de medida ($0.03\ mBq\ m^{-3}$).

Análisis de retro-trayectorias

Con objeto de profundizar en los mecanismos atmosféricos que justifican la evolución espacial y temporal de las concentraciones de actividad de radionucleidos artificiales medidas en diferentes estaciones de control radiológico después del accidente de Fukushima, y en concreto de las detectadas en la provincia de Huelva, se ha estudiado la dinámica de las masas de aire sobre el suroeste de la Península Ibérica

durante el periodo de interés. Se han calculado las retro-trayectorias con ocho días de duración, para cada hora y a diferentes altitudes (500, 1000 y 1500 m), tomando como referencia dos emplazamientos, como son las ciudades de Huelva (periodo del 26 de marzo al 6 de abril) y Washington DC (periodo del 18 al 29 de marzo).

El empleo de dos puntos de referencia se justifica con el objeto de minimizar las incertidumbres asociadas al cálculo de cada retro-trayectoria [18], ya que los errores tienden a aumentar al incrementarse su cobertura temporal. De esta manera, el análisis se ha realizado en dos etapas. En una primera etapa se han calculado las retro-trayectorias horarias con un intervalo temporal de ocho días sobre la ciudad de Huelva, la cual se ha considerado como representativa del suroeste de la Península Ibérica. Y en segundo lugar, ya que el episodio radiactivo alcanza el Noreste de USA sobre el 18 de marzo (ver Tabla II), se ha seleccionado la ciudad de Washington DC como punto y fecha de referencia (18 de marzo) para calcular las retro-trayectorias de forma similar al caso de Huelva (cada hora, ocho días de periodo temporal

y a 500, 1000 and 1500 m). Por tanto, la combinación de ambos conjuntos de retro-trayectorias permitirá analizar la dinámica de las masas de aire sobre la ciudad de Huelva durante un periodo de 16 días, que es el tiempo empleado por la nube radiactiva de Fukushima en alcanzar las costas de la Península Ibérica.

Una vez calculadas todas las retro-trayectorias horarias para Washington DC y Huelva, se tiene un conjunto 768 retro-trayectorias, el análisis en cada altura muestra una elevada similitud en la circulación de masas de aire durante el periodo de ocho días sobre cada lugar de referencia. Este hecho indica un movimiento similar del aire en las diferentes alturas atmosféricas desde el 18 al 29 de marzo sobre Washington y desde el 26 de marzo al 6 de abril sobre Huelva. Puesto que el comportamiento vertical en las tres alturas es similar, el conjunto de retro-trayectorias calculadas a 1000 m se ha tomado como referencia.

Posteriormente, se procedió a calcular los correspondientes centroides diarios (recorrido promedio de las 24 retro-trayectorias de un día) con objeto de simplificar el estudio y mejorar la visualización del camino promedio seguido por la pluma radiactiva desde Fukushima (Japón) hasta Europa Occidental. En [24] se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos durante ambos periodos tanto en la estación de Huelva como en Washington. De este periodo se han extraído el comportamiento de las masas de aire durante los ocho días previos al 19-20 de marzo en Washington y del 27-28 de marzo en Huelva, representativas del periodo de máxima concentración de radionucleidos en el suroeste de la Península Ibérica.

Los resultados muestran que las circulaciones promedio del aire correspondientes al 27 y 28 de marzo sobre Huelva se encontraban ocho días antes (19-20 de marzo) en la zona central y sobre la costa este de Norteamérica. Para continuar hacia atrás en el análisis del viaje realizado por estas masas de aire, los centroides de los días 19 y 20 de marzo sobre Washington muestran que el origen de estas masas de aire se situaban sobre el mar de Bering ocho días antes (11-12 de marzo), es decir, el mismo día y la jornada posterior al accidente de la central nuclear. Este desplazamiento de masas de aire sobre la costa este norteamericana permite afirmar que el episodio de contaminación radiactiva que se produjo en esa zona durante estos dos días procedía de las emisiones de la central nuclear de Fukushima (ver Tabla II).

Uniendo los dos caminos recorridos por las masas de aire, se demuestra que entre los días 11-12 y 27-28 de marzo, la circulación de las masas de aire fue predominantemente del noreste del Pacífico, pasando por Norteamérica y llegando desde aquí a la Península Ibérica a través del océano Atlántico. Por tanto, sería posible atribuir una conexión

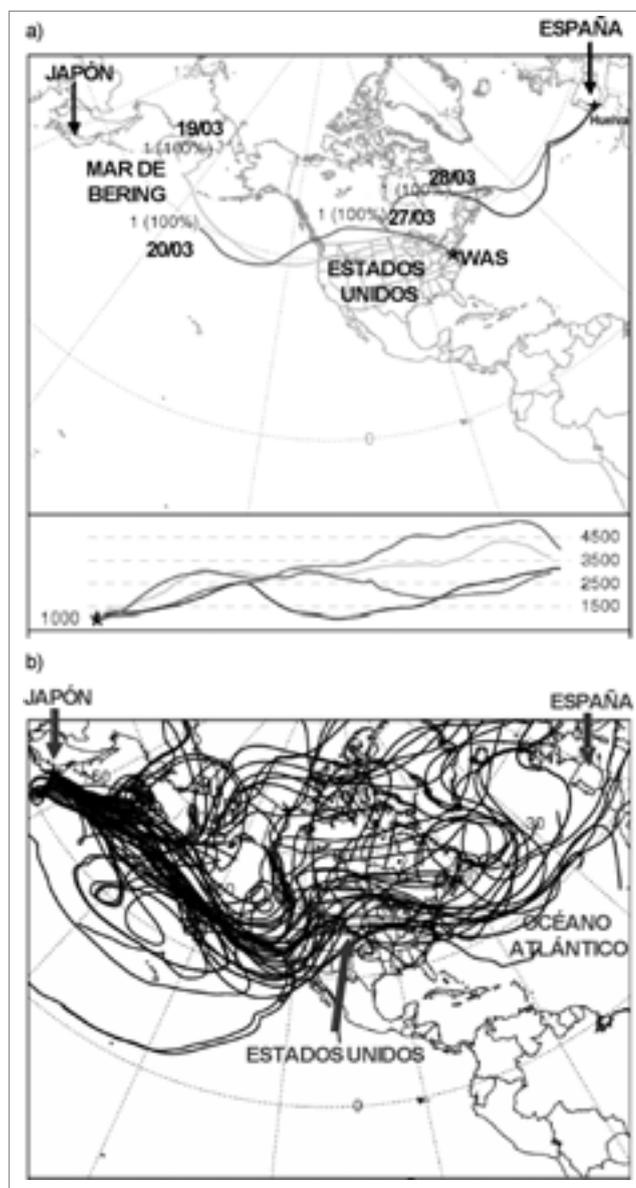
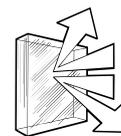


Figura 2. a) Desplazamiento promedio (centroide) horizontal y vertical de las masas de aire durante los ocho días previos y a una altura final de referencia de 1000 m, sobre Washington del 19-20 de marzo y Huelva del 27-28 de marzo de 2011. Cada número representa el porcentaje de retro-trayectorias empleadas para calcular el centroide. b) Trayectorias hacia delante durante 16 días desde Fukushima durante el periodo del 11 y 12 de marzo a una altura inicial de referencia de 1000 m.

entre la zona emisora y el suroeste de la Península Ibérica, coincidiendo con las fechas en las que se produjo el pico de radiactividad detectado por la mayoría de las estaciones de la red de vigilancia radiológica española.

Esta afirmación, se basa en el cálculo de centroides, los cuales representan el promedio de todas las retro-trayectorias de un día, y por tanto, engloban la dispersión que



existe entre los respectivos recorridos. De esta manera, el origen de un centroide representa realmente una zona geográfica en torno al punto que éste determina. En este sentido, se observa que los centroides de ocho días desde Washington CD correspondientes al 19-20 de marzo (Figura 2a) son los que se encuentran más próximos a la planta nuclear accidentada (sur del mar de Bering).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y para corroborar la relación entre el accidente de Fukushima y el pico de radiactividad artificial medido en la Península Ibérica los últimos días de marzo (27-28), se han calculado las trayectorias horarias 3-D hacia adelante en el tiempo (*forward trajectory*) desde la central nuclear de Fukushima, como punto de referencia, para los dos días posteriores al accidente (del 11 al 12 de marzo), con una cobertura temporal de 16 días. Así, los últimos días coinciden con el periodo de máxima concentración en el oeste de la Península Ibérica.

La Figura 2b presenta el conjunto de trayectorias horarias calculadas desde la central de Fukushima, demostrando que existe un alto número de masas de aire que conectan la región geográfica de Fukushima y el suroeste de la Península Ibérica entre el 11-13 de marzo (Fukushima) y el 27-29 de marzo (Península Ibérica). Por tanto, se puede confirmar la existencia de un desplazamiento de masas de aire desde el noreste del Pacífico hacia USA, pasando por el océano Atlántico, que alcanzó las Península Ibérica (Europa Occidental) los últimos días de marzo y primeros de abril. Estas circulaciones de las masas de aire transportaron radionucleidos emitidos por la central de Fukushima hasta Europa Occidental, y en concreto hasta la Península Ibérica, detectándose los mismos en la mayoría de las estaciones españolas de vigilancia radiológica (ver tabla II).

CONCLUSIONES

El trabajo realizado ha demostrado que uno de los caminos preferenciales seguidos los días posteriores al accidente por las masas de aire de la zona de Fukushima fue circunvalar la Tierra a latitudes medias y altas a través del océano Pacífico, Norteamérica, océano Atlántico hasta alcanzar las costas de Europa Occidental en torno al 28-29 de marzo de 2011, detectándose en esta época elevadas concentraciones de radionucleidos con origen en los productos de fisión (^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{134}Cs and ^{137}Cs) tanto en la estación de medida de Huelva como en la mayoría de estaciones españolas, las cuales fueron todas del mismo orden de magnitud. De los datos recopilados por el CSN se ha obtenido que los máximos niveles de ^{131}I en

aerosoles de la Península Ibérica se midieron en Badajoz y Huelva (en torno a los 5 mBq m^{-3} en Badajoz) en el periodo del 23-30 de marzo, mientras que para el ^{137}Cs los mayores valores se registraron en Huelva (0.9 mBq m^{-3} el día 29 de marzo).

La segunda etapa de este trabajo ha consistido en demostrar mediante el análisis de retro-trayectorias (*back-trajectories*) y trayectorias hacia adelante (*forward trajectories*), que la pluma radiactiva del accidente de Fukushima alcanzó las costas de Europa Occidental a finales de marzo de 2011. De esta manera, se ha demostrado que las masas de aire que cruzaron el suroeste de la Península Ibérica durante el episodio radiactivo detectado entre los días 28 de marzo y el 4 de abril de 2011, procedían de la costa Este norteamericana (ocho días antes estaban sobre esta zona), y que a su vez estas últimas procedían de la región del Pacífico NE en el momento y días posteriores del accidente de Fukushima.

Por tanto, y como conclusión final, podemos afirmar que al menos la pluma radiactiva producida por el accidente nuclear de Fukushima se dispersó inicialmente por el noreste del océano Pacífico, alcanzó después Norteamérica, cruzó el océano Atlántico y finalmente alcanzó las costas occidentales de Europa y de la Península Ibérica, demostrándose también en otros trabajos [25, 26, 27] que esta masa de aire contaminada viajó a lo largo de toda Europa hasta alcanzar el sur de Asia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto del Ministerio de Ciencia y Tecnología denominado *Determination of scavenging rates and sedimentation velocities by using reactive-particle radionuclides in coastal waters; application to pollutants dispersion* (Ref.: CTM2009-14321-C02-C01 y C02), y el proyecto de la Junta de Andalucía *Caracterización y modelado de las balsas de fosfoyeso de Huelva para su gestión y control ambiental* (Ref.: RNM-6300).

REFERENCIAS

- [1] Gaffney J. S., Marley N., Cunningham M. M. Natural radionuclides in fine aerosols in the Pittsburgh area Atmospheric Environment. 38:3191 – 3200; 2004.
- [2] Masson O., Piga D., Gurriaran R. y D'Amico D. Impact of an exceptional Saharan dust outbreak in France: PM10 and artificial radionuclides concentrations in air and in dust deposit Atmospheric Environment. 44: 2478-2486; 2010.
- [3] Dueñas C., Orza J.A.G., Cabello M., Fernández M. C., Cañete S., Pérez M., Gordo E. Air mass origin and its influence on radionuclide activities (^7Be and ^{210}Pb) in aerosol particles

- at a coastal site in the western Mediterranean Atmospheric Research. doi:10.1016/j.atmosres.2011.02.011; 2011.
- [4] Bell J.N.B. y Shaw, G. Ecological lessons from the Chernobyl accident Environment International. 31:771 – 777; 2005.
- [5] Mattsson, S. y Vesanen, R. Patterns of Chernobyl fallout in relation to local weather conditions Environment International. 14: 177-180; 1988.
- [6] Erlandsson B. y Isaksson M. Relation between the air activity and the deposition of Chernobyl debris Environment International. 14:165-175; 1988.
- [7] Salazar C., Alvarez C., Silva H.A., y Dorantes C. Radioactivity in air around nuclear facilities in Mexico Environment International. 20: 747-756; 1994.
- [8] Borge R., Lumbresas J., Vardoulakis S., Kassomeno P., Rodríguez E. Analysis of long-range transport influences on urban PM10 using two-stage atmospheric trajectory clusters Atmospheric Environment. 41: 4434–4450; 2007.
- [9] Petzold A., Rasp K., Weinzierl B., Esselborn M., Hamburger T., Dornbrack A., Kandler K., Schutz L., Knippertz P., Fiebig M., Virkkula A. Saharan dust absorption and refractive index from aircraft-based observation during SAMUM 2006 Tellus. 61B: 118-130; 2009.
- [10] Jorba O., Pérez C., Rocadenbosch F., Baldasano J.M. Cluster Analysis of 4-Day Back-trajectories arriving in the Barcelona Area (Spain) from 1997 to 2002 Journal of Applied Meteorology. 43: 887-901; 2004.
- [11] Hondula D.M., Sitka L., Davis R.E., Knight D.B., Gawtry S.D., Deaton M.L., Lee T.R., Normile C., Stenger P.J. A back-trajectory and air mass climatology for the Northern Shenandoah Valley, USA International Journal of Climatology. Published online (www.interscience.wiley.com); 2009.
- [12] Lozano R.L., Bolívar J.P., San Miguel E.G., García-Tenorio R., y Gázquez M.J. An accurate method to measure alpha-emitting natural radionuclides in atmospheric filters: application in two norm industries Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. doi:10.1016/j.nima.2011.08.006; 2011a.
- [13] Martínez-Ruiz F., Borrego E., San Miguel E. G., Bolívar J.P. An efficiency calibration for ^{210}Pb and ^7Be measurements by gamma-ray spectrometry in atmospheric filters Nuclear Instrument and Methods in Physics Research. 580: 663-666; 2007.
- [14] Kocher C. K. Radioactive decay data tables. National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce. DOE/TIC-11026. ISBN 0-87079-124-9; 1981.
- [15] Currie LL. A. Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination: Application to Radiochemistry Analytical Chemistry. 40: 586-593; 1968.
- [16] Currie LL. A. Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities Pure and Applied Chemistry. 67: 1699-1723; 1995.
- [17] Draxler R.R. y Hess G.D. An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. Australian Meteorology Magazine 47: 295-308.
- Draxler, R.R., Stunder, B., Rolph, G., Taylor, A. 2009. HYSPLIT_4 User's Guide, via NOAA.ARL. NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD, Dec., 1997, revised Jan., 2009.
- [18] Stohl A. 1998. Computation, accuracy and applications of trajectories- A review and bibliography Atmospheric Environment. 32: 947-966; 1998.
- [19] Hernández-Ceballos M.A., Adame J.A., Bolívar J.P., De la Morena B.A. Vertical behavior and meteorological properties of air masses in southwestern Iberian Peninsula. Meteorology and Atmospheric Physics (En revisión).
- [20] US E.P.A. (United States Environmental Protection Agency, 2011): <http://www.epa.gov/japan2011/rert/radnet-sampling-data.html>
- [21] International Atomic Energy Agency (IAEA, 2011).http://documents.cciifj.or.jp/lm/documents_radiation/4_iaea_march_20th_briefing_short.pdf.
- [22] Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Comunicados sobre el seguimiento radiológico en España del accidente de la central nuclear de Fukushima. Comunicado del 30 de marzo de 2011 y Comunicado del 15 de abril de 2011: https://www.csn.es/index.php?option=com_content&view=article&id=17172&Itemid=748&lang=es.
- [23] Lozano R.L., San Miguel E.G., Bolívar J.P., y Baskaran M. Depositional fluxes and concentrations of ^7Be and ^{210}Pb in bulk precipitation and aerosols at the interface of Atlantic and Mediterranean coast in Spain Journal of Geophysical Research. 116, D18213, doi:10.1029/2011JD015675; 2011b.
- [24] Lozano R.L., Hernández-Ceballos M.A., Adame J.A., Casarúiz M., Sorribas M., San Miguel E.G., Bolívar J.P. Radioactive impact of Fukushima accident on the Iberian Peninsula: Evolution and plume previous pathway Environment International. doi:10.1016/j.envint.2011.06.001; 2011c.
- [25] Pittauerová D., Hettwig B., Fischer H.W. Fukushima fallout in Northwest German environmental media Journal of Environmental radioactivity. 102: 877-880; 2011.
- [26] Bolsunovsky A. y Dementyev D. Evidence of the radioactive fallout in the center of Asia (Russia) following the Fukushima Nuclear Accident Journal of Environmental Radioactivity. 102:1062-1064; 2011.
- [27] Manolopoulou M., Vagena E., Stoulos S., Ioannidou A. y Papastefanou C. Radioiodine and radiocesium in Thessaloniki, Northern Greece due to the Fukushima nuclear accident Journal of Environmental Radioactivity. 102: 796-797; 2011.

Propuesta de metodología para estimar la dosis absorbida en la entrada del laberinto en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192

Pujades M.C.¹, Pérez-Calatayud J.^{1,2} y Ballester F.³

¹Sección de Radiofísica en Radioterapia, Servicio de Radioterapia, Hospital La Fe, Valencia

²Sección de Radiofísica en Radioterapia, Servicio de Radioterapia, Hospital Clínica Benidorm, Alicante

³Departamento de Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Valencia

RESUMEN

Ante la ausencia de procedimientos de evaluación del diseño de una sala de braquiterapia (BT) con laberinto desde el punto de vista de la Protección Radiológica, se adapta habitualmente el formalismo de radioterapia externa. El propósito de este trabajo es adaptar la metodología descrita por el National Council on Radiological Protection and Measurements Report 151 (NCRP151), Structural Shielding Design for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities para la estimación de la dosis absorbida en la puerta en búnkeres de BT y su comparación con los resultados obtenidos por el método de Monte Carlo (MC) para un caso particular de búnker.

ABSTRACT

In the absence of procedures for evaluating the design of a brachytherapy (BT) vault with maze from the point of view of radiation protection, usually formalism of external radiation is adapted. The purpose of this study is to adapt the methodology described by the National Council on Radiological Protection and Measurements Report 151 (NCRP151), Structural Shielding Design for megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, for estimating dose at the door in BT and its comparison with the results obtained by the method of Monte Carlo (MC) for a special case of bunker.

INTRODUCCIÓN

La entrada a la sala de una instalación de braquiterapia (BT) puede diseñarse a través de una puerta blindada o por medio de un laberinto. El laberinto asegura que la radiación debida a fotones que alcanza la puerta no es la directa y que está atenuada debido a las dispersiones en las paredes, suelo y techo, lo que reduce el blindaje de la puerta a costa de reducir el espacio útil de la sala.

En la reciente publicación de las recomendaciones del *National Council on Radiological Protection and Measurements Report 155* (NCRP155), *Management of Radionuclide Therapy Patients* [1], se consideran algunos de los aspectos en el diseño de instalaciones de BT. Sin embargo, no existen recomendaciones directas sobre cómo estimar la dosis absorbida en la entrada de una sala de BT con laberinto. Para ello, la práctica habitual consiste en adaptar (con distintas interpre-

taciones) el formalismo de cálculo que se aplica en búnkeres de radioterapia externa. En el NCRP155 se recomienda seguir el formalismo del *National Council on Radiological Protection and Measurements Report 151* (NCRP151), *Structural Shielding Design for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities* [2], para el cálculo de la estimación de dosis a la entrada del laberinto.

Sin embargo, diversos estudios indican que si se emplea este formalismo se subestima la dosis absorbida en la entrada de la sala en BT [3, 4, 5].

El propósito de este trabajo es adaptar la metodología del NCRP151 utilizada en búnkeres de aceleradores de radioterapia externa para estimar la dosis absorbida en la entrada del laberinto para instalaciones de BT y compararla, para un caso práctico, con el resultado de una simulación Monte Carlo (MC) realizada en un trabajo previo del grupo [3, 4].

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el cálculo de la cantidad de radiación que alcanza la puerta al final del laberinto, se ha de tener en cuenta la radiación primaria que atraviesa la pared del laberinto y varias fuentes de radiación secundaria. En el NCRP151 se propone una fórmula que incluye la radiación de dispersión de la pared (sin considerar el techo y el suelo) con incidencia directa de la radiación, las fugas de la cabeza del acelerador y la radiación dispersa del paciente. Para simplificar los cálculos, el formalismo adopta varias aproximaciones sobre la trayectoria media del haz, los coeficientes de dispersión de la radiación, y la energía media del espectro de la radiación dispersa. Los principales parámetros de esta fórmula son: la tasa de dosis, la energía de los fotones incidentes, el tamaño de campo del haz incidente sobre la pared, el área de la sección transversal del laberinto, y las distancias desde la fuente a la pared y hasta la entrada del laberinto. En el NCRP151 se propone que para el cálculo de la dosis absorbida se tenga en cuenta la componente debida a neutrones para energías por encima de 10 MV. En este trabajo no se considera esa componente porque en BT se emplean fuentes radiactivas con una energía máxima de 1,332 MeV (^{60}Co).

Adaptación del NCRP151 a braquiterapia

En BT, a diferencia de radioterapia externa, todas las barreras de la sala se consideran primarias. Por tanto, se omite el factor de uso (U), porque en este caso es igual a la unidad.

Se dividen las diferentes contribuciones de la radiación que alcanza la puerta al final del laberinto (ver Figura 1) en: transmisión directa a través de la pared del laberinto ($\dot{K}_{puerta}^{Directa}$, ecuación 1), radiación dispersa por la pared del fondo del laberinto vista desde la puerta ($\dot{K}_{puerta}^{Dispersa\ simple}$, ecuación 2) y radiación dispersa por el resto de dicha pared ($\dot{K}_{puerta}^{Dispersa\ doble}$, ecuación 3):

$$\dot{K}_{puerta}^{Directa} = S_k \frac{B}{d_L^2} \quad (1)$$

$$\dot{K}_{puerta}^{Dispersa\ simple} = S_k \sum_i \frac{\alpha_{(45^\circ, 0^\circ)} \cdot (A_1)_i}{(d_{sec})_i^2 \cdot (d_z)_i^2} \quad (2)$$

$$\dot{K}_{puerta}^{Dispersa\ doble} = S_k \sum_i \frac{\alpha_{(0^\circ, 45^\circ)} \cdot (A_0)_i \cdot \alpha_{(45^\circ, 0^\circ)} \cdot (A_z)_i}{(d_h)_i^2 \cdot (d_r)_i^2 \cdot (d_z)_i^2} \quad (3)$$

donde:

- \dot{K}_{puerta} es la tasa de kerma que alcanza la entrada del laberinto en el punto de interés, que normalmente será el centro de la puerta a la altura a la que esté colocada la fuente.
- S_k es el Air Kerma Strength descrito en las recomendaciones del TG-43 de la American Association of Physicists in

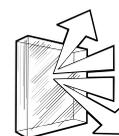
Medicine (AAPM) [6] que coincide numéricamente con la Tasa de Kerma de Referencia en Aire (TKRA) [7].

- B es el factor de atenuación por la barrera del laberinto considerando incidencia perpendicular a la barrera [1]. BRAPHYS-ESTRO proporcionan datos de transmisión convenientes para las fuentes y materiales típicos en BT [8].
- A_0 es el área de la pared del fondo del laberinto que no es vista directamente desde la puerta.
- A_1 es el área de la pared del fondo del laberinto que es vista directamente desde la puerta. Se obtiene trazando la recta que pasa por el extremo exterior de la puerta y la esquina del laberinto hacia su parte interna. Si la fuente ve directamente parte de la pared interna del laberinto, ésta también debe tenerse en cuenta.
- A_z es el área de la proyección de A_0 sobre la pared exterior del laberinto. En este trabajo se ha obtenido trazando la recta que pasa por el extremo de A_0 más lejano al laberinto y por la esquina del laberinto hacia su parte interna.
- d_L es la distancia de la posición de la fuente al punto de interés.
- d_{sec} es la distancia de la posición de la fuente al centro de la sección del laberinto en la pared del fondo del laberinto.
- d_{zz} es la distancia desde la posición centro de la sección del laberinto en la pared del fondo del laberinto al punto de interés.
- d_h es la distancia desde la posición de la fuente en perpendicular a la pared del fondo del laberinto. El punto b (Figura 1) se obtiene al proyectar esta intersección a través de la esquina interna del laberinto y en el punto medio del laberinto.
- d_r es la distancia desde la pared del fondo del laberinto al punto b.
- d_z es la distancia desde el punto b al punto de interés.
- $\alpha_{(\text{Ángulo incidencia, Ángulo reflexión})}$ es el coeficiente de reflexión o coeficiente de albedo.

\dot{K}_{puerta} / S_k viene dado en unidades de $\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1} \text{U}^{-1}$. El S_k de una fuente de ^{192}Ir HDR en el momento de la entrega es del orden de 40700 U ($1\text{U} = 1 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \text{h}^{-1}$) - actividad aparente 370 GBq o 10 Ci. La conversión de kerma a dosis absorbida se realiza con la razón de coeficientes másicos de absorción de energía promediados sobre los espectros existentes en agua y aire $\left[\frac{\mu_{en}}{\rho}\right]_{air} = 1,11$ [9], lo que da una tasa de dosis absorbida de 45000 U.

Al igual que el NCRP151, para simplificar los cálculos, hemos adoptado aproximaciones sobre la trayectoria media del haz, los coeficientes de dispersión y la energía media del espectro de la radiación dispersa. Respecto a la trayectoria del haz hemos considerado los siguientes métodos de cálculo:

- 1) Método dos secciones. Dividir la pared del fondo del laberinto en dos secciones: pared vista desde la puerta y resto de pared.



Energía (MeV)	Ángulo incidencia (°)	Ángulo dispersión (°)	Coefficiente de albedo
0,25	0	45	0,025
0,38	0	45	0,020
0,5	0	45	0,015
0,25	45	0	0,036
0,38	45	0	0,029
0,5	45	0	0,022

Tabla I. Coeficientes de albedo para hormigón. Datos extraídos de: NCRP151, Apéndice B, Tablas 8a y 8b. Los valores para $E = 0,38$ MeV son interpolados.

- Método en tiras. Dividir la pared del fondo del laberinto en tiras de $30 \text{ cm} \times (\text{alto de la sala})$, donde un cierto número de tiras serán vistas directamente desde la puerta y el resto no.
- Método secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$. Dividir la pared del fondo del laberinto en secciones de $30 \times 30 \text{ cm}^2$, donde un cierto número de sectores serán vistos directamente desde la puerta y el resto no.

Además de los métodos mencionados, hemos considerado otro método propuesto en otra publicación [10] basado en:

- Método en "abanico". Dividir la pared del fondo del laberinto vista desde la puerta en sectores de 20° desde la posición de la fuente.

Seguindo la metodología del NCRP151, las áreas del techo y del suelo no se consideran.

Respecto a los coeficientes de reflexión de la radiación, se utilizan los valores propuestos por el NCRP151 para la energía media del ^{192}Ir (380 keV) (Tabla I). Estos valores están dados con una gran incertidumbre (del orden del $\pm 50\%$). Para la dispersión simple en la pared A_0 se aplica $\alpha(0^\circ, 45^\circ)$,

para la dispersión en la pared A_1 se aplica $\alpha_{(45^\circ, 0^\circ)}$ y para la dispersión en la pared A_2 se aplica $\alpha_{(0^\circ, 45^\circ)}$.

En los estudios realizados por Perez-Calatayud *et al.* [3] y Puchades [4] se ha realizado el cálculo empleando los coeficientes de reflexión recomendados en el ICRP33 [11], la IAEA188 [12], el NCRP49 [13], y considerando sólo la región de la pared del laberinto vista desde la puerta, que a su vez se ha dividido en sectores de $30 \times 30 \text{ cm}^2$. Se han comparado los resultados obtenidos en dichos estudios con los proporcionados en éste.

Respecto a la degradación del espectro de energías por las sucesivas dispersiones, se considera que la energía de los fotones es la energía media del espectro en todos los casos. Se trata de una aproximación conservadora, ya que, para una fuente de ^{192}Ir , la energía media del espectro al alcanzar la puerta puede ser del orden del 20% de la energía media del ^{192}Ir [3, 4].

En este método no se tiene en cuenta si existe algún paciente u objeto en la trayectoria de la fuente.

Hemos realizado los cálculos propuestos para el caso de una sala real de BT y hemos comparado éstos con los resultados de simulación MC (código Geant4) de dicha sala que ya se había estudiado en un trabajo previo del grupo [3, 4].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla II se resumen los resultados obtenidos para $\dot{K}_{\text{puerta}} / S_k$ con las diferentes aproximaciones sobre la trayectoria media del haz y el resultado según la simulación MC. De la simulación MC se deduce que la dosis a lo largo de la puerta no es constante (ver Figura 2), sino que existe un gradiente de dosis desde la parte de la puerta superior más lejana a la pared del laberinto a la parte inferior en contacto con dicha pared. Con la metodología empleada en este trabajo solamente se obtiene el valor en un punto, que es representativo de toda la puerta. Los resultados obtenidos según las diferentes formas de división de la pared de fondo han resultado dentro del intervalo de los valores obtenidos en la superficie de la puerta mediante MC $[(4,9 - 9,8) \times 10^{-8} \text{ cGy}/(\text{hU})]$.

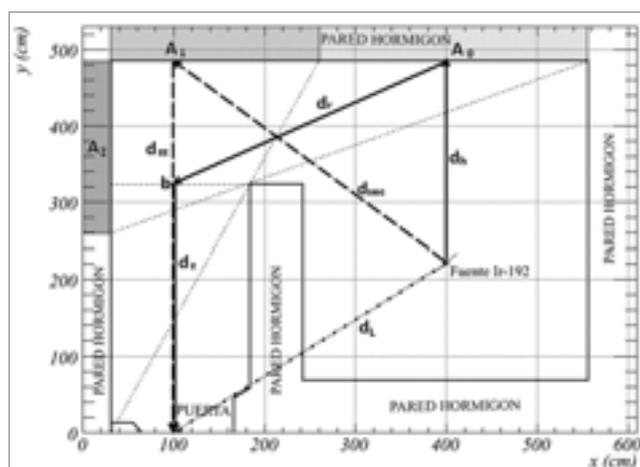


Figura 1. Esquema del laberinto estudiado que muestra las tres componentes de la radiación que alcanza la puerta al final del laberinto con la pared del fondo del laberinto dividida en dos secciones: pared vista desde la puerta (A_1) y resto (A_2).

Referencia	Energía (MeV)	Coefficientes de dispersión	Método de cálculo	Contribución	Kerma en la entrada al laberinto $\text{cGy}/(\text{hU}) \times 10^{-8}$	Diferencia respecto a $9 \text{ cGy}/(\text{hU}) \times 10^{-8}$
Perez-Calatayud et al. [3] Puchades [4]	1	ICRP33	Secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$	Dispersión simple	6	-33 %
	0,35	IAEA188	Secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$	Dispersión simple	3	-67 %
	0,3	NCRP49	Secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$	Dispersión simple	1	-89 %
	^{192}Ir	GEANT4	MC	Todo	4,9- 9,8	
Este estudio	0,38	NCRP151	Dos secciones	Dispersión simple	6,95	-13 %
				Dispersión doble	0,83	
				Transmisión directa	0,07	
				TOTAL:	7,85	
			En tiras	Dispersión simple	7,53	-1 %
				Dispersión doble	1,33	
				Transmisión directa	0,07	
				TOTAL:	8,93	
			Secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$	Dispersión simple	6,25	-18 %
				Dispersión doble	1,03	
				Transmisión directa	0,07	
				TOTAL:	7,35	
			En "abanico"	Dispersión simple	6,07	-32 %

Tabla II. Resultados del kerma por unidad de TKRA de la fuente en la entrada de la sala de braquiterapia de HDR.

El valor obtenido de \dot{K}_{puerta} / S_k se utiliza para obtener el blindaje necesario para el diseño de la puerta de la sala, de forma que ésta garantice que no se supera un objetivo de dosis absorbida. Por tanto, puesto que la dosis absorbida a lo largo de la puerta no es homogénea, cabría esperar que ésta tenga en cuenta el valor máximo de dosis absorbida que pueda darse en la entrada del laberinto. En la tabla II se ha comparado el resultado obtenido en cada método con un valor representativo de la región de máxima dosis absorbida que se obtiene de la simulación MC [$9 \times 10^{-8} \text{ cGy}/(\text{hU})$]. Las diferencias respecto a este valor son de: -1% para el método con la división en tiras, -13% para el método en dos secciones, -18% para el método en secciones $30 \times 30 \text{ cm}^2$, y -32% para el método "en abanico". Otros métodos, como los ya comentados, considerados en Perez-Calatayud *et al.* [3] y Puchades [4] proporcionan mayores diferencias. A la vista de estos resultados, se ha de considerar que, cuando se realice un cálculo de dosis absorbida en la puerta según alguna de las metodologías propuestas, es posible que haya alguna región en la superficie de la puerta donde la tasa de dosis calculada sea considerablemente inferior a la real.

Para el búnker estudiado, la contribución de la transmisión directa tras la pared del laberinto es despreciable. La contribución de la radiación doblemente dispersada es la décima parte de la dispersión simple. En nuestros cálculos no se ha considerado la degradación del espectro en la entrada del laberinto. Sin embargo, esto puede tener gran repercusión en el espesor de la puerta en la entrada del laberinto. En el ejemplo que se presenta en este trabajo y para una fuente de ^{192}Ir , la energía media en la entrada es del orden de 80-100 keV [3, 4]. Esta energía es similar a la energía media del ^{169}Yb (energía media de 93 keV [14]). Si la tasa de kerma en la entrada del laberinto es de $37 \mu\text{Gy}/\text{h}$, suponiendo un tiempo de uso de la fuente de 6,7 horas/semana (carga de trabajo de 0,3 Gy/semana y $S_k = 0,045 \text{ Gy}/\text{h}$), resulta $246,8 \mu\text{Gy}/\text{semana}$. Considerando un objetivo de dosis de $40 \mu\text{Gy}/\text{semana}$ (aplicando un factor de reducción 1/10 sobre el límite para personal profesionalmente expuesto de $100 \text{ mSv}/5\text{años}$ [15]) y un factor de ocupación $T=1$ se traduce en un espesor equivalente de plomo de 8,3 mm para ^{192}Ir y 1,1 mm para ^{169}Yb [16,17]. La reducción en el espesor requerido debido a la degradación de energía es considerable. Por

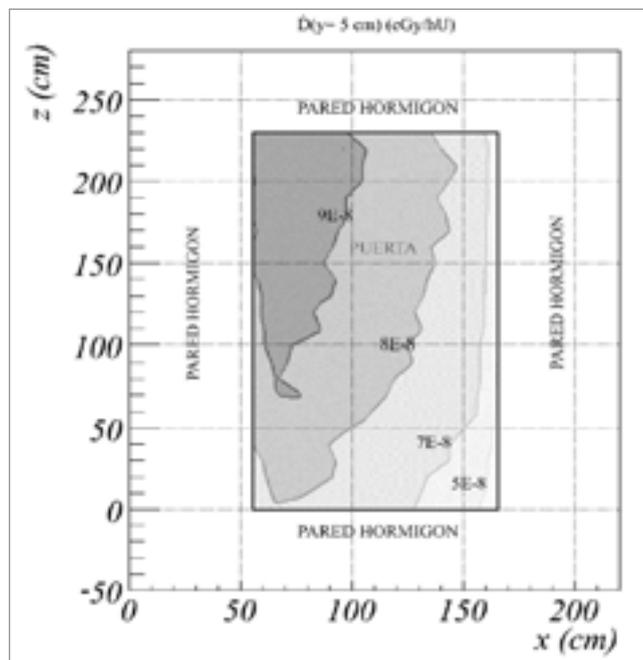
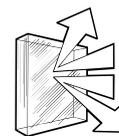


Figura 2. Dosis absorbida por unidad de TKRA de la fuente en la puerta al final del laberinto [3, 4].

tanto, un cálculo del espesor de blindaje requerido en la puerta del laberinto considerando factores de transmisión para la energía del ^{192}Ir , sin tener en cuenta la degradación del espectro de energía, da como resultado una estimación conservadora.

CONCLUSIÓN

Para el caso concreto que se ha presentado en este estudio, la adaptación del formalismo del NCRP151 para estimar la dosis absorbida en la entrada del laberinto en salas de BT proporciona un resultado próximo al obtenido por la simulación MC, teniendo en cuenta que con el método propuesto el resultado obtenido es puntual y que con MC se observa que la dosis absorbida no es constante a lo largo de toda la puerta.

Podemos considerar que la adaptación del NCRP151 a BT resulta adecuada para este caso y podría generalizarse para los búnkeres en los que no se ve la pared del laberinto desde la posición de la fuente, para los que solo habría que considerar la contribución de radiación directa y doblemente dispersada. Sin embargo, dado que la dosis absorbida en la superficie de la puerta no es constante y el cálculo con el método propuesto no representa el valor de dosis absorbida máxima, se ha de considerar que es posible que haya alguna región en la superficie de la puerta donde la tasa de dosis absorbida calculada sea considerablemente inferior a la real.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación Proyecto (FIS2010-17007) y por la Generalitat Valenciana (PROMETEO2008/114).

REFERENCIAS

- [1] NCRP (National Council on Radiological Protection and Measurements). NCRP Report No155 Management of radionuclide therapy patients. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, 2006.
- [2] NCRP (National Council on Radiological Protection and Measurements). 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] Perez-Calatayud J., Granero D., Ballester F., Casal E., Crispin V., Puchades V., León A. y Verdú. Monte Carlo evaluation of kerma in an HDR brachytherapy bunker. *Phys Med Biol* 49; 2004:389-396.
- [4] Puchades V. Tesis doctoral: Simulación mediante métodos Monte Carlo de fuentes de uso clínico en braquiterapia y de las barreras de un búnker utilizado para tratamientos de alta tasa. Universidad de Valencia, 2006.
- [5] Glasgow G.P. Brachytherapy Facility Shielding. AAPM Summer School - Shielding Methods for Medical Facilities: Diagnostic Imaging, PET, and Radiation Therapy. St. John's University, Collegeville, MN, 2007.
- [6] Nath R., Anderson L.L., Luxton G., Weaver K.A., Williamson J.F. y Meigooni A.S. Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: Recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43. *Med Phys* 22; 1995:209-234.
- [7] 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.
- [8] 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; 2008: 4898-906.
- [9] Wyckoff H. Reply Communication. *Med Phys* 10:715-17; 1983.
- [10] Colin J. M. y David G. Sutton Practical Radiation Protection in Healthcare. OXFORD University Press. Primera edición, 2002.
- [11] International Commission on Radiological Protection. ICRP33 Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine ICRP Publication 33. *Ann. ICRP* 9 (1); 1982.
- [12] IAEA (International Atomic Energy Agency) IAEA188 Radiological Safety Aspects of the Operation Electron Linear Accelerators Technical Reports Series No 188, 1979.
- [13] NCRP (National Council on Radiological Protection and Measurements). NCRP49 Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of up to 10 MeV NCRP Report No 49, 1976.
- [14] National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, based on ENSDF and the Nuclear Wallet Cards. <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>. Último acceso 23 de Diciembre de 2011.
- [15] 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.
- [16] Lymeropoulou G., Papagiannis P., Sakelliou L., Georgiou E., Hourdakis C.J., Baltas D. Comparison of radiation shielding requirements for HDR brachytherapy using ^{169}Yb and ^{192}Ir sources. *Med Phys* 33; 2006:2541-47.
- [17] Granero D., Perez-Calatayud J., Ballester F., Bos A.J.J. y Venselaar J. Broad-beam transmission data for new brachytherapy sources, Tm-170 and Yb-169 . *Rad Prot Dos* 118; 2005:11-5.

Las recomendaciones de la ICRP frente a las secuelas del accidente de Fukushima: algunas lecciones preliminares

Abel J. González

Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina

RESUMEN

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) creó un Grupo de Trabajo (ICRP TG84) para recoger las primeras lecciones aprendidas del accidente de Fukushima frente al sistema de protección recomendado por la ICRP. El ICRP TG84 espera compilar las lecciones aprendidas en relación con los esfuerzos realizados para proteger a las personas contra la exposición a la radiación durante y después de la situación de exposición de emergencia causada por el accidente y, a la luz de estas lecciones, considerar recomendaciones ad hoc para el fortalecimiento del sistema de protección radiológica de la ICRP, para hacer frente a este tipo de exposición de emergencia. El trabajo que se presenta describe la opinión personal del autor sobre los principales temas examinados por el grupo y no tiene la intención de adelantarse a las conclusiones del ICRP TG84, sino sólo revisar algunas de las cuestiones de protección radiológica que han sido y/o están siendo discutidas por el mismo.

ABSTRACT

The International Commission on Radiological Protection (ICRP) established the Task Group 84 "Initial Lessons Learned from the NPP Accident in Japan vis-à-vis the ICRP System of Radiological Protection". This TG 84 will compile lessons learned related to the efforts carried out to protect people against radiation exposure during and after the emergency exposure situation caused by the accident. In light of these lessons, the report of the TG will consider the suitability of ad hoc recommendations for the ICRP system of radiological protection for dealing with this type of emergency exposure. This paper describes the author opinion about the main aspects the TG 84 is examining. The intention is not to advance the findings and conclusions of the TG 84, but only to make a review of some of the radiation protection issues that are being discussed.

INTRODUCCIÓN

El accidente nuclear de las centrales nucleares de Fukushima Dai-ichi no tiene precedentes en escala y en evolución. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) creó un Grupo de Trabajo (ICRP TG84) para recoger las primeras lecciones aprendidas del accidente frente al sistema de protección recomendado por la ICRP. La ICRP es una organización independiente benéfica y no gubernamental que fue creada en 1928 por el Congreso Internacional de Radiología con el objeto de avanzar, para el beneficio público, las ciencias de la protección contra los efectos perniciosos de la exposición a las radiaciones ionizantes (la así llamada *protección radiológica*), y desde entonces es el principal organismo mundial que genera recomendaciones en esta área. En 2007, la ICRP publicó recomendaciones revisadas sobre la protección radiológica (ICRP, 2007a), que son aplicables

a la protección contra la exposición a la radiación del accidente de Fukushima.

El ICRP TG84 espera compilar las lecciones aprendidas en relación con los esfuerzos realizados para proteger a las personas contra la exposición a la radiación durante y después de la situación de exposición de emergencia causada por el accidente y, a la luz de estas lecciones, considerar recomendaciones *ad hoc* para el fortalecimiento del sistema de protección radiológica de la ICRP, para hacer frente a este tipo de exposición de emergencia.

En el momento de escribir esta memoria, el ICRP TG84 aún no ha terminado su trabajo. Sin embargo, el autor*, que es el Presidente del ICRP TG84, tiene el propósito de describir su opinión personal sobre los principales temas examinados

* Si bien el autor es el vicepresidente de la ICRP y presidente del ICRP TG84, los puntos de vista en este artículo representan su opinión personal.

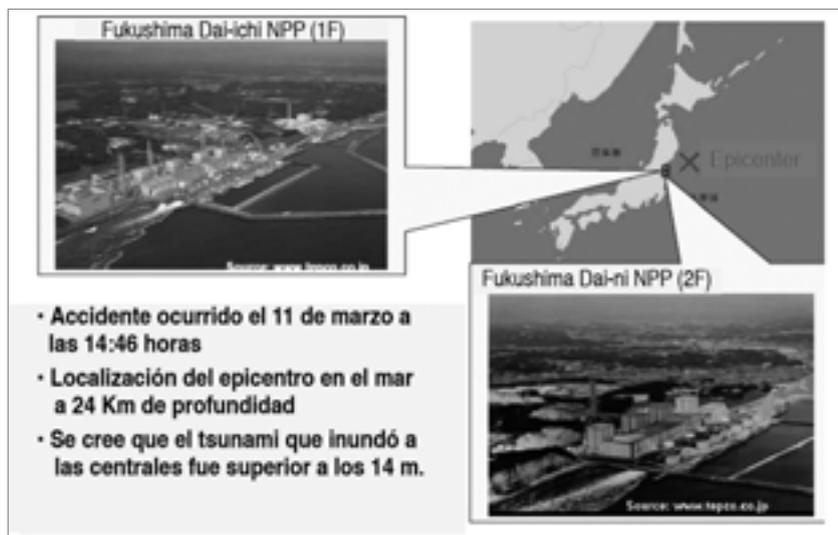
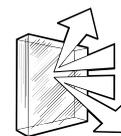


Figura 1. Localización del terremoto submarino.

por el grupo. La intención no es adelantarse a los trabajos del ICRP TG84, sino sólo revisar algunas de las cuestiones de protección radiológica que han sido discutidas por el grupo.

LECCIONES PRELIMINARES

En relación con las recomendaciones de la ICRP y mientras se desarrollan las secuelas del accidente, ya se están aprendiendo una serie de lecciones preliminares iniciales, incluyendo las siguientes:

(1) Los "coeficientes de riesgo nominal ajustado por el detrimento" recomendados por la ICRP para fines de protección radiológica están siendo mal interpretados y utilizados para especular sobre muertes teóricas, atribuibles al accidente, que ocurrirían en el futuro.

A raíz del accidente se están realizando cálculos especulativos de muertes hipotéticas que serían atribuibles a la exposición a la radiación. Esto se lleva a cabo simplemente multiplicando los coeficientes de riesgo nominal ajustados al detrimento por una dosis efectiva colectiva teórica que es calculada sumando pequeñas dosis hipotéticas sobre grandes poblaciones y sobre largos períodos de tiempo. Los coeficientes son recomendados por la ICRP exclusivamente con fines de protección radiológica y no para hacer este tipo de especulaciones.

Sin ninguna evidencia demostrable de los efectos reales, este tipo de cálculos teóricos y epistemológicamente erróneos ya se habían hecho en relación con el accidente de

Chernobyl (OIEA, 2005; Yablokov et al, 2009; Cardis et al, 2006). No es sorprendente que el mismo tipo de especulaciones también se estén haciendo (y seguramente seguirán haciéndose) en relación con el accidente de Fukushima, tanto en Japón como en otros lugares. Estas especulaciones crean mucha ansiedad, preocupación y temor excesivo en la población afectada y pueden causar daños de tipo emocional muy graves.

Hay una buena noticia, sin embargo: la capacidad científica para atribuir efectos sobre la salud debidos a la exposición a la radiación ionizante es actualmente objeto de análisis por el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de

las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), un respetado organismo científico intergubernamental que informa directamente a la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU). UNSCEAR prevé que un informe definitorio sobre este espinoso tema podría estar finalizado en su próxima reunión de mayo de 2012 y la AGNU ha requerido recientemente a UNSCEAR que presente a su 67ª sesión, prevista para el año 2012, el informe antedicho (AGNU, 2011). La ICRP debería hacer frente a la importante cuestión de la atribución de efectos a bajas dosis, tan pronto como el UNSCEAR presente este informe.

(2) Ha habido una gran confusión sobre las magnitudes y unidades de radiación para la protección de la ICRP, que ha sido exacerbada por la traducción y ha confundido la comunicación.

Las magnitudes y unidades utilizadas en protección radiológica han provocado una gran confusión en el público, los tomadores de decisiones e incluso en los científicos en Japón. Una dificultad substancial es que las magnitudes *dosis equivalente*, *dosis efectiva* y *equivalente de dosis* tienen una terminología similar y también una unidad común con el mismo nombre, el *sievert*. El problema parece haber sido especialmente relevante en el reporte de dosis equivalentes de tiroides, que se confundían con dosis efectivas, dando, por lo tanto, la falsa impresión de que las dosis equivalentes de tiroides eran mucho más altas.

La comunicación difusa, causada principalmente por el uso equivoco de términos técnicos, y a veces agravada por dificultades en la traducción, puede contribuir a una mayor ansiedad pública y acciones erróneas por los tomadores de decisiones.



Figura 2. Inundación debida al tsunami junto al edificio de la Unidad 1.

Otro problema está relacionado con la ausencia de una magnitud formal para la dosis ponderada por la efectividad del tipo de radiación en la región de dosis altas, una deficiencia que ya había producido problemas graves en el momento del accidente Tokai-mura.

(3) El sofisticado sistema de protección de la ICRP para restringir la exposición interna puede haber sido mal entendido por el público y los medios de comunicación, en el sentido de que las exposiciones internas son percibidas como más peligrosas que las exposiciones externas

El malentendido dio lugar a una gran preocupación entre la población sobre la exposición de radiación interna, un tema que muy a menudo conduce a la confusión. La necesidad de regular la exposición de la actividad incorporada en el cuerpo, y la consiguiente acumulación de dosis de radiación a través del tiempo, ha llevado a la ICRP a recomendar que la dosis a controlar deba ser la dosis comprometida y no la dosis realmente incurrida. Esta recomendación y los mecanismos de evaluación utilizados aseguran que la dosis realmente incurrida es, probablemente, mucho menor que la comprometida.

Más aún, una reciente revisión amplia de los riesgos debidos a la exposición a la radiación externa versus aquellos derivados de la exposición interna [Mobbs et al, 2011] concluyó que la evidencia disponible de estudios animales y celulares indica que el uso de la dosis media dentro de los órganos, tejidos o regiones de tejido, ofrece una razonable estimación del riesgo, aún cuando la irradiación provenga de sustancias radiactivas que se encuentren en el interior del cuerpo.

A pesar de estos resultados, una lección del accidente es que una determinada dosis ocasionada por la exposición a contaminación interna se percibe generalmente como más peligrosa que la misma dosis pero debida a exposición a irradiación externa. Este parece ser un tema de preocupación entre el público en general y también para algunos especialistas. La ICRP debería considerar abordar específicamente y de forma global el problema del riesgo de las dosis de exposición interna frente al de la exposición externa.

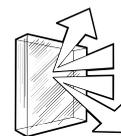
Una declaración clara de la ICRP sobre el tema podría reducir la ansiedad en la población sobre el riesgo de exposición interna. UNSCEAR ha iniciado un proyecto sobre los "efectos biológicos de determinados emisores internos" y, aunque se trata de un desarrollo aún en progreso, podría ser útil para confrontar el problema.

(4) La falta de recomendaciones internacionales de protección ad hoc para "socorristas" complicó la regulación de las dosis ocupacionales.

El régimen internacional de protección ocupacional fue previsto para trabajadores "normales" (o "corrientes") trabajando en "situaciones normales" o, extraordinariamente, en "circunstancias excepcionales" que pueden incluir exposiciones de emergencia de los trabajadores "normales" (OIEA, 1996). El régimen incluye un límite máximo de dosis efectiva de 50 mSv por año para situaciones normales y del doble de ese valor para las circunstancias excepcionales.

Se debería reconocer que el régimen vigente de protección ocupacional no fue ni visualizado ni pensado para "socorristas" (o sea para personal de equipos de rescate y salvamento), como los que participan en las acciones protectoras requeridas para hacer frente a eventos extremos, tales como el accidente de Fukushima. En caso de una catástrofe como Fukushima, los "socorristas" son esenciales para salvaguardar a la población de secuelas mayores y, habitualmente, están dispuestos a incurrir en riesgos elevados para lograr sus objetivos humanitarios, regulándose por un régimen laboral disímil al de los de los trabajadores "normales". Sin embargo, no está claro a nivel internacional que criterios se deberían aplicar para proteger a los "socorristas" contra la radiación y no existe una reglamentación adecuada al respecto.

Habría entonces una necesidad urgente de generar recomendaciones claras que cubran el espectro completo de los trabajadores que deben participar en la mitigación de las consecuencias de un accidente nuclear o radiológico, sean estos trabajadores "normales" o "socorristas". Las recomendaciones y la normativa necesarias deberían desarrollarse en estrecha coordinación con la Organización Internacional del Trabajo.



(5) Los nuevos conceptos recomendados por la ICRP para la protección del público, tales como límite de dosis, constricción de dosis y nivel de referencia han sido bien utilizados por las autoridades pertinentes en Japón, pero son ampliamente malinterpretados por el público y sus representantes y también por los especialistas en general.

La ICRP ha publicado recomendaciones sobre la protección de la población en situaciones de emergencia y de los pobladores que residen a largo plazo en zonas contaminadas después de un accidente nuclear o emergencia radiológica (ICRP, 2009 a y b), las cuales se adaptan a sus principales recomendaciones en la Publicación 103 (ICRP, 2007 a). Estas recomendaciones se basan en requerimientos generales de justificación de las medidas de intervención y de optimización de las acciones de protección, bajo restricciones de dosis individuales impuestas con los conceptos de límite de dosis, constricción de dosis y nivel de referencia. Sin embargo, las emergencias siguen siendo fundamentalmente gestionadas mediante decisiones de intervención con medidas de protección, sobre la base de criterios de dosis que activen las acciones de protección. Parece que estos criterios han sido muy útiles a las autoridades japonesas y han facilitado las acciones de protección.

La puesta en práctica de la optimización de estrategias de protección con niveles de referencia de las nuevas recomendaciones de la ICRP ha causado cierta confusión, sobre todo en la manera de aplicarla a situaciones que ya han ocurrido. Parecería que las nuevas recomendaciones, basadas en la optimización de una estrategia global y el uso de niveles de referencia, podrían ser muy eficaces en la etapa de planificación y preparación de emergencias, pero, en la etapa de respuesta inmediata, el enfoque recomendado anteriormente sobre la base de niveles de intervención (ICRP, 1992) parece que podría ser más fácil y eficaz de emplear.

Por otra parte, se plantean dudas en el uso de los valores numéricos de los límites de dosis y los niveles de referencia. De hecho, el público se siente confundido por la aplicación de niveles de referencia que son mucho más altos que el límite de dosis que había sido establecido por las autoridades antes del accidente. La gente no puede entender por qué el límite de dosis de 1 mSv por año, que era válido antes del accidente, puede ser más elevado después del accidente, que es cuando la gente espera estar mejor y no peor protegida. Una pregunta típica del público es la siguiente: ¿Cuál es la razón para consentir que dosis individuales de 20 a 100 mSv por año sean aceptables ahora, después del accidente, cuando dosis superiores a 1 mSv por año eran in-

aceptables antes del accidente? El contraste entre los valores numéricos de los límites de dosis anual frente a aquellos de los niveles de referencia anual (por ejemplo, 1 mSv frente a 20-100 mSv) no son fáciles de comprender y aceptar por un público escéptico.

La advertencia de la ICRP de que el límite de dosis se aplica a la suma de dosis adicionales de todas las prácticas reguladas no es útil porque no es entendible para el público. Más aún, la expresión japonesa para el límite de dosis, 線量限度 indica inequívocamente un nivel de dosis que no debe superarse.

Este es un tema importante ya que puede crear incertidumbre en los miembros del público y sus representantes. La ICRP recomienda que los límites de dosis se apliquen a las dosis *adicionales* procedentes de fuentes *reguladas*, las cuales se añaden a las *dosis existentes*. Es decir, que el límite de dosis de 1 mSv por año se debe entender como que la ICRP espera que las fuentes reguladas no dupliquen la mínima dosis total de fondo existente, la cual, aún en situaciones extremas, no puede ser menor a, alrededor de, 1 mSv por año. Pero existe una confusión entre los conceptos de *dosis adicional*, tal como la antedicha dosis añadida por la introducción de fuentes controlables, y el de *dosis existente*, por ejemplo la dosis que ya existe cuando las medidas de control se deciden.

También hay problemas con la comprensión de los conceptos de *dosis proyectada* (que es la dosis que se esperaría fuera recibida si no se tomaran medidas de protección), *dosis evitable* (que es la dosis prevenible mediante la aplicación de una o un conjunto de contramedidas, es decir, la diferencia entre la dosis prevista si no se hubiera aplicado la(s) contramedida(s) y la dosis proyectada real) y *dosis residual* (que es la dosis que se espera que sea recibida después de que se haya terminado la intervención, o se haya tomado la decisión de no intervenir). Estos conceptos se ilustran en detalle en la Publicación 82 de la ICRP (ICRP, 1999), pero la explicación ha sido más exigua en las siguientes publicaciones de la ICRP.

La ICRP debería aclarar rápida y comprensivamente el uso previsto de todos los conceptos cuyo objetivo es la restricción de las dosis del público, es decir el de límite de dosis, de constricción de dosis y de nivel de referencia, así como de los conceptos requeridos para gestionar las secuelas de una emergencia, tales como los de dosis proyectada, evitable y residual.

(6) Los padres dudan de que los niños estén debidamente protegidos por las recomendaciones de la ICRP.

La protección de los niños de las secuelas del accidente ha sido un tema muy sensible en Japón y debería ser una

prioridad para la ICRP. Los padres no están convencidos de que sus hijos estén bien protegidos. Están persuadidos de que los niños son más susceptibles a los efectos dañinos de la exposición a la radiación y no pueden entender como se les protegerá si se emplean para ellos los mismos límites de dosis, constricciones de dosis y niveles de referencia que se utilizan para los adultos.

Se debería reconocer que los padres tienen algunas buenas razones para estar confundidos. El informe de UNSCEAR del año 2006 establece claramente que las estimaciones del riesgo de cáncer para una cohorte de niños podría ser un factor de dos a tres veces mayor que las estimaciones para una cohorte de todas las edades, es decir de más del 100%. Sin embargo, el sistema de protección se basa en el concepto de coeficiente de riesgo nominal, donde la diferencia entre el riesgo de cáncer para una cohorte que incluya a los niños y el riesgo para otra cohorte que excluya a los niños es de $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1} - 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, es decir de alrededor del 25%. Esto parece ser una contradicción entre las estimaciones de UNSCEAR y el paradigma de la ICRP. Pero no lo es, porque los coeficientes de la ICRP representan valores nominales de riesgo en lugar de valores de riesgos específicos de un determinado grupo de población. Sin embargo, la cuestión ha provocado una preocupación muy razonable en los padres de los niños afectados.

Por otra parte, la ICRP ha señalado claramente que “después de que se hubiere producido una situación de emergencia, las medidas previstas de protección deberían evolucionar para mejorar las condiciones reales de todas las poblaciones expuestas de que se trate, debiéndose prestar especial atención a las mujeres embarazadas y los niños”, y que “sería de esperar que cuando sea probable que niños y otros grupos sensibles se encuentren en la zona afectada, las consecuencias y la estrategia de protección de estos grupos se considerarán explícitamente en el régimen de planificación de emergencias” (ICRP, 2009 a y b).

Sin embargo, no han sido previstos ni límites de dosis, ni restricciones de dosis ni niveles de referencia específicos para los niños, y esto, junto a la percepción de que los niños son más radio-sensibles que los adultos, es lo que causa preocupación en los padres.

En mayo de 2011, el UNSCEAR puso en marcha un proyecto sobre “Los riesgos de la radiación y sus efectos en los niños”. Aunque se trata de un trabajo aún en progreso, de acuerdo a los primeros resultados, contrariamente a lo que se dijo en el informe del 2006, no parecería haber evidencia de que el riesgo de radiación de los niños sea generalmente mayor que el de los adultos, aunque parece haber determinados tipos de cáncer donde éste podría ser el caso.

Cualquier nueva recomendación de la ICRP sobre este tema debería tener en cuenta los resultados de los trabajos en curso en el UNSCEAR.

(7) Los acuerdos internacionales de carácter intergubernamental sobre los niveles aceptables de radiactividad en los productos de consumo son incoherentes e inconsistentes.

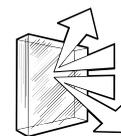
Es normal que los productos de consumo utilizados por el público, tales como los alimentos, el agua y muchos productos no-comestibles, puedan contener trazas de sustancias radiactivas. Después de un accidente nuclear o radiológico los niveles de actividad de algunos elementos radiactivos en estos productos pueden incrementarse. Esto ha ocurrido después del accidente de Fukushima y la presencia de elementos en productos de consumo de origen japonés ha creado (y sigue creando) gran alarma y aprensión tanto en Japón como en otros lugares.

El control de trazas de sustancias radiactivas en productos de consumo parece ser uno de los principales problemas prácticos no resueltos aún en protección radiológica. La ICRP ha tratado el tema en su publicación 104 (ICRP, 2007), indicando que seguía con interés el desarrollo de criterios estandarizados de radiactividad en productos de consumo que se venían desarrollando bajo la égida de organizaciones internacionales intergubernamentales (CAC, 2006; OIEA, 2004a y b; OMS, 2011). Sin embargo, la situación ha evolucionado en un sistema contradictorio, porque estos acuerdos intergubernamentales se han convertido en incoherentes e inconsistentes entre sí y de difícil explicación para el público.

Una cuestión a discutir es si la ICRP debería recomendar un conjunto de valores de exención del control regulador de carácter universal y así facilitar la adopción de estos valores en un acuerdo intergubernamental.

(8) Tal como era previsible, los afectados por el accidente padecen de estigma por su asociación con la radiación y la radiactividad y de consecuentes efectos psicológicos dañinos para la salud; sin embargo, la ICRP no ha reconocido en sus recomendaciones los efectos psicológicos asociados a la exposición a la radiación.

El estigma radiológico es una marca de percepción de vergüenza que está asociada a los accidentes radiológicos o nucleares. Hoy por hoy, esta es una de las tribulaciones más graves que sufren las personas afectadas por el accidente de Fukushima. La gente se avergüenza de identificarse como residente de la zona de Fukushima. Sus productos son rechazados



por sus clientes habituales y el contacto social se ha limitado. Esta estigmatización es también responsable de una gran ansiedad entre las mujeres de capacidad reproductiva; por ejemplo, la gente cree sinceramente que las niñas de edad escolar del área de Fukushima, no serán capaces de concebir un bebé en el futuro, y muchas mujeres encintas preguntan si deben interrumpir su embarazo.

Las experiencias previas de accidentes radiológicos y nucleares significativos, tales como los accidentes de Goiânia (OIEA, 1988) y de Chernóbil (OIEA, 1991), ya habían demostrado que el estigma de las personas afectas es una consecuencia significativa de este tipo de accidentes, la que puede dar lugar a efectos psicológicos perjudiciales para la salud de las personas afectadas. La Organización Mundial de la Salud juzga que los efectos psicológicos deben ser considerados como efectos sobre la salud.

Sin embargo, no hay recomendaciones de la ICRP para proteger a las personas contra la estigmatización radiológica y sus consecuentes efectos psicológicos. La ICRP podría considerar recomendaciones *ad hoc* para hacer frente a lo que parece ser un efecto sanitario significativo de los accidentes graves. No hay duda de que esta es una cuestión importante que vale la pena discutir, reconociendo, sin embargo, que quizás no pueda ser resuelta de una manera integral y convincente por la ICRP.

(9) No existen claras recomendaciones cuantitativas de la ICRP para hacer frente a la remediación de los territorios "contaminados" y la eliminación de escombros "contaminados", que son cuestiones importantes al hacer frente a las secuelas de los accidentes que involucren la liberación de grandes cantidades de sustancias radiactivas al medio ambiente.

La remediación de territorios "contaminados" con bajos niveles de radiactividad y la posterior eliminación de los escombros "contaminados" que resultan de esa remediación son las principales preocupaciones y desafíos para las autoridades japonesas involucradas en la supresión de las secuelas del accidente de Fukushima. Pero, para esta demandante empresa, no disponen de un asesoramiento internacional cuantitativo y claro. Y es que, respondiendo a la presencia de sustancias radiactivas en un territorio, los expertos en protección radiológica han sido incapaces de contestar sin ambigüedades una pregunta simple y directa de ansiosos miembros del público: ¿Es seguro para mí y mi familia vivir aquí? Los expertos generalmente tratan de explicar que, mientras que el territorio está, de hecho, "contaminado", su "remediación" tiene que ser "optimizada" y, dependiendo

de muchos factores (generalmente incomprensibles para el público en general), se puede llegar a la conclusión de que les está permitido permanecer allí o que, por el contrario, deben abandonar su hábitat.

Estas respuestas, no concluyentes e inconsistentes a las preguntas simples y no sofisticadas de los miembros del público, no son útiles para los que se sienten afectados y desprotegidos. Más grave aún, a veces los expertos aconsejan implícitamente a los afectados que, en última instancia, es responsabilidad de ellos tomar la decisión de abandonar o permanecer en las tierras "contaminadas". No es de sorprender que la gente se sienta muy confundida e incrédula y que los responsables de tomar decisiones no sepan muy bien que hacer.

La comunicación sobre la contaminación y la remediación utiliza términos que generan una connotación distinta a la denotación deseada. El término "contaminación" es particularmente pernicioso porque los expertos lo entienden como la detección de elementos radiactivos, aún en cantidades pequeñas, mientras que para el público es casi un sinónimo de peligro. Las soluciones prácticas sugeridas para resolver el enigma de si un territorio necesita o no de remediación han sido poco convincentes para un público crecientemente escéptico. Los argumentos técnicos han sido mediocres y desconcertantes, con la connotación equivocada reemplazando a la deseada denotación.

Se necesitan con urgencia claras directrices internacionales sobre los niveles de exención de la radiactividad en territorios "contaminados" y la ICRP podría ayudar a formularlas.

(10) Hay una falta de recomendaciones actualizadas de la ICRP sobre la política de monitoreo ambiental ulterior a una gran liberación accidental de materiales radiactivos al medio ambiente.

Las últimas recomendaciones de la ICRP sobre los principios de vigilancia radiológica del medio ambiente son de un cuarto de siglo de antigüedad (ICRP, 1985), y no se ajustan a una liberación catastrófica de sustancias radiactivas.

Desde el comienzo del accidente de Fukushima las autoridades japonesas tuvieron que organizar un monitoreo de emergencia en respuesta a la liberación masiva de material radiactivo a la atmósfera que produjo el accidente. Tuvieron que ser emitidas normativas básicas sobre el proceso de vigilancia de la radiación con el objetivo declarado de proporcionar una información detallada de la distribución de dosis en la zona afectada.

Se pueden derivar muchas lecciones de estos esfuerzos de las autoridades japonesas para establecer una política de vigilancia tras un accidente grave, las cuales podrían complementar el sistema de protección radiológica.

(11) La comunicación pública de las políticas de protección radiológica después de un accidente sigue siendo un problema no resuelto.

La comunicación pública sobre las secuelas del accidente fué y sigue siendo un problema grave en Japón. La ICRP había abordado en su publicación 96 el tema de la comunicación fiable y precisa, y de la difusión de la información, como un elemento clave para el éxito de los esfuerzos de protección radiológica en las secuelas de un evento extremo (ICRP, 2005). En la literatura están disponibles muchas recomendaciones para este fin y la ICRP sugirió entonces que las autoridades nacionales se refieran al material disponible en el establecimiento de sus estrategias de comunicación.

El accidente de Fukushima ha reiterado la importancia de la comunicación para la buena gestión de las consecuencias de una catástrofe radiológica. Una lección a considerar es si la ICRP debería ampliar las recomendaciones de la Publicación 96 sobre este asunto. En cualquier caso, no hay duda de que esta es un área clave para el desarrollo futuro. Cualquier actividad debe hacer uso de la vasta experiencia en este campo que está disponible fuera de las disciplinas clásicas de la protección radiológica.

CONCLUSIÓN

En suma, la comunidad radio-proteccionista internacional tiene la oportunidad de asimilar las muchas lecciones de protección radiológica que se pueden extraer de la experiencia del accidente de Fukushima. El ICRP TG84 espera completar su informe dentro de un año y perfeccionarlo con las lecciones que se vayan sucediendo en el ínterin. La ICRP debería retroalimentar sus recomendaciones con las lecciones aprendidas.

BIBLIOGRAFÍA

- CAC, 2006. Codex Alimentarius Commission. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Foods. CODEX STAN 193-1995, Rev.2-2006. Codex Alimentarius Commission, Geneva, 2006.
- Cardis et al, 2006. Cardis E, Krewski D, Boniol et al, Estimates of the Cancer Burden in Europe from Radioactive Fallout from the Chernobyl, International Journal of Cancer, Volume 119, Issue 6, pp.1224-1235, www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/112595693/HTMLSTART
- Cooper, 2011. Radiation Protection Principles (in this publication)
- IAEA, 1988. The Radiological Accident in Goiania. IAEA, VIENNA, 1988. STI/PUB/815. ISBN 92-0-129088-8.
- IAEA, 1991. The International Chernobyl Project: Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures. Report by an International Advisory Committee. IAEA, 1991. STI/PUB/884. ISBN 92-0-129091-8
- IAEA, 1996. International Atomic Energy Agency. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Standards. Safety Series 115. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004a. International Atomic Energy Agency. Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear Radiation and Transport Safety and Waste Management. Resolution of the IAEA General Conference GC(48)/RES/10 under 805 A., 4., pt. 23; Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. International Atomic Energy Agency. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2005. Press Release. http://chernobyl.undp.org/english/docs/pr_chernobyl_forum_050905.pdf
- ICRP, 1985. Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. ICRP Publication 43. Ann. ICRP 15 (1).
- ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
- ICRP, 1992. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP Publication 63. Ann. ICRP 22 (4).
- ICRP, 1999. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82. Ann. ICRP 29 (1-2).
- ICRP, 2005. International Commission on Radiological Protection. Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack; ICRP Publication 96; Ann. ICRP 35 (1), 2005
- ICRP, 2007a. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publication 103; Ann. ICRP 37 (2-4), 2007
- ICRP, 2007b. International Commission on Radiological Protection. Scope of Radiological Protection Control Measures; ICRP Publication 104; Ann. ICRP 37 (5), 2007
- ICRP, 2009a. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations; ICRP Publication 109; Ann. ICRP 39 (1), 2009.
- ICRP, 2009b. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas After a Nuclear Accident or a Radiation Emergency; ICRP Publication 111; Ann. ICRP 39 (3), 2009.
- Mobbs et al, 2011. Mobbs S F, Muirhead C R and Harrison J D. J. Radiol. Prot. 31 (2011) 289-307
- RJG, 2011. Report of the Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety- The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations; Nuclear Emergency Response Headquarters; Government of Japan; June 2011 [<http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report.pdf>]
- UNGA, 2011. Resolution on the effects of atomic radiation being adopted by the 66th UN General Assembly at the time of writing this paper.
- WHO, 2011. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality, third ed. World Health Organization, Geneva..
- Yablokov et al, 2009. Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for People and the Environment. Written by Alexey V. Yablokov (Center for Russian Environmental Policy, Moscow, Russia), Vassily B. Nesterenko, and Alexey V. Nesterenko (Institute of Radiation Safety, Minsk, Belarus). Consulting Editor Janette D. Sherman-Nevinger (Environmental Institute, Western Michigan University, Kalamazoo, Michigan). Annals of the New York Academy of Sciences. Volume 1181, December 2009, 335 Pages. [Note: The Academy has recently warned in its webpage that this volume is out of stock and will not be reprinted by the Academy]

Chernobyl 25 años después, efectos sobre la salud y perspectivas

David Cancio

Sociedad Española de Protección Radiológica
david.cancio09@gmail.com

El accidente de la central nuclear de Chernobyl en Ucrania, ocurrido el 26 de abril de 1986, hace ya 25 años, ha sido considerado el más grave de acuerdo a la escala internacional de accidentes nucleares, hoy día alcanzado por el suceso de Fukushima-Daiichi en Japón. Éste último tiene características diferentes en cuanto a que se produce como consecuencia de un fenómeno sísmico y posterior tsunami de gran magnitud y tanto la lenta liberación de radionucleidos como las prontas medidas para la evacuación de la población afectada evitaron en gran medida las consecuencias sobre las personas. La explosión del reactor de Chernobyl se debió a una prueba experimental y a una violación de las normas de seguridad por parte de los operadores que desconectaron sistemas importantes de control. Ello permitió que se destruyera la vasija y el edificio del reactor, se fundieran componentes y se liberaran durante varios días enormes cantidades de material radiactivo al medio ambiente.

Existe controversia política y científica sobre las consecuencias a largo plazo en la magnitud de cánceres y otras enfermedades inducidas por la radiación especialmente en cuanto a la proyección del número potencial de víctimas. Los resultados que aquí se resumen se basan en la síntesis de la Secretaría Científica y en las evaluaciones realizadas por el Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de la Radiaciones Atómicas publicadas en el año 2000 y revisadas recientemente (Informes UNSCEAR 2000 y UNSCEAR 2008-Annex D).

Exposición de las personas

El accidente causó la muerte en unas pocas semanas de 30 trabajadores y se produjeron lesiones por radiación en más de un centenar de personas.

Las autoridades evacuaron a unas 115.000 personas en las zonas circundantes y tiempo después a unas 220.000 personas.

Los radionucleidos que causaron la mayor irradiación en la población fueron principalmente yodo-131, cesio-134 y cesio-137. El primero tiene una vida media muy próxima a los 8 días y puede transferirse a las personas a través de la inhalación del aire y el consumo de leche contaminada. Los niños y bebés fueron los que recibieron las dosis mucho más elevadas que los adultos. Los isótopos de cesio tienen vidas más largas, en especial el cesio 137 tiene una vida media cercana a los 30 años y puede causar exposiciones a largo plazo debido a la contaminación de los suelos y alimentos.

La dosis efectiva promedio a las personas más afectadas fueron evaluadas en unos 120 mSv para los 530.000 trabajadores que participaron en las tareas de recuperación, unos 30 mSv para las 115.000 personas evacuadas y 9 mSv durante los primeros 20 años para las personas que siguieron residiendo en las zonas contaminadas. Las dosis en algunos individuos pueden ser mucho mayores que el promedio. En comparación la dosis típica de una tomografía computarizada es de unos 9 mSv.

Las dosis media para toda la vida en los países más lejanos de Europa se estimó en alrededor de 1 mSv o menos, lo cual tiene escasa significación radiológica si se compara con la dosis anual promedio mundial de 2.4 mSv debida a la radiactividad natural.

Efectos en la salud

En los primeros tres meses murieron 28 trabajadores por enfermedad provocada por la radiación y otros 19 murieron entre 1987 y 2004 por diferentes causas no necesariamente asociados a la radiación que habían recibido.

Grupo de población	Miles de personas	Dosis promedio en tiroi- des en 1986 (mGy)	Dosis efectiva promedio 1986-2005 (mSv)
Trabajadores de la recuperación	530	-	117 ^b
Evacuados	115	490	31 ^a
Habitantes de Rusia, Bielorusia y Ucrania	98.000	16	1.3 ^{a,c}
Habitantes en otros países (Europa)	500.000	1.3	0.3 ^{a,c}

^aLas dosis efectivas son suma de las dosis externas e internas.

^bLas dosis efectivas para los trabajadores incluye solo las dosis externas.

^cLa dosis total acumulada será del orden de 25% más alta en toda la vida.

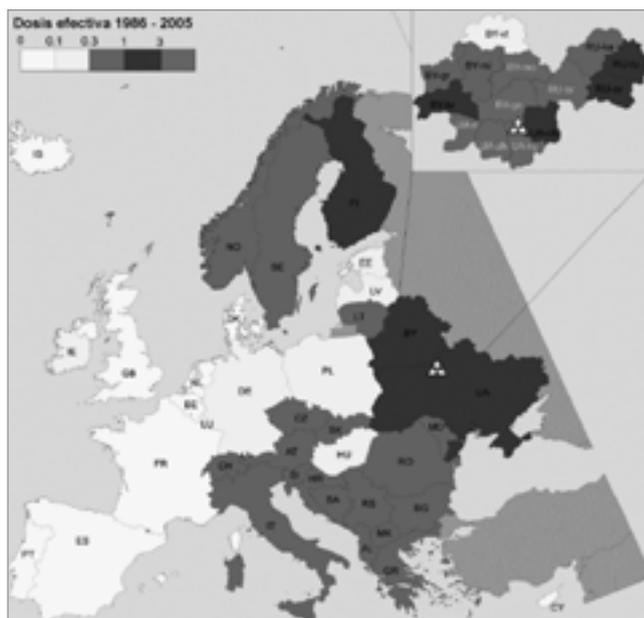
Resumen de las estimaciones de dosis para los principales grupos de población.

En la actualidad se sigue el control de los 530.000 trabajadores registrados que participaron en la mitigación del accidente.

La contaminación generalizada en zonas de Bielorusia, Federación Rusa y Ucrania produjo la irradiación de muchas personas.

La atención en las últimas dos décadas se ha centrado en los efectos tardíos y en especial en el cáncer de tiroides.

Las dosis en la tiroides fueron particularmente altas en los que eran niños y adolescentes en los primeros meses des-



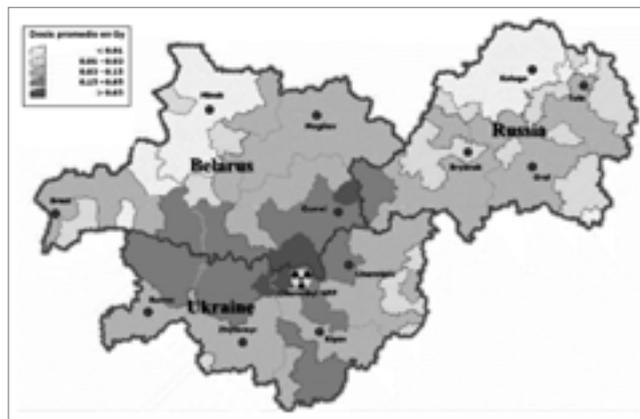
Distribución espacial de las dosis efectivas en Europa 1986-2005 (mSv).

pués del accidente y bebieron leche con alto contenido de yodo radiactivo de las zonas más afectadas.

En 2005 se diagnosticaron más de 6000 casos de cáncer de tiroides que podrían adjudicarse a la ingesta del yodo radiactivo.

En los trabajadores rusos de recuperación que recibieron las dosis más altas hay pruebas de un incremento en la incidencia de leucemia. Entre los 106 pacientes que sobrevivieron a la enfermedad de radiación, la normalización completa de la salud necesitó varios años. Muchos de ellos, en los primeros años, desarrollaron cataratas inducidas por radiación. No obstante 19 fallecieron hasta el año 2006, algunas de esas muertes, sin embargo, se debieron a causas no relacionadas con la radiación.

En resumen, como consecuencia de la exposición a radiaciones, existe un incremento importante del cáncer de tiroides entre las personas que fueron expuestas a una edad temprana y una mayor incidencia de leucemia y cataratas entre los trabajadores que actuaron en las acciones de recuperación.



NOTICIAS de ESPAÑA

Taller del Proyecto Trasnusafe

El Proyecto Trasnusafe, del 7º Programa Marco de Euratom, tiene como objetivo diseñar, desarrollar y probar esquemas de formación sobre cultura de seguridad nuclear y protección radiológica en el ámbito europeo, partiendo de una evaluación de las necesidades en los distintos sectores. Su página electrónica y distintos contenidos se pueden encontrar en el siguiente enlace: <http://www.enen-assoc.org/Trasnusafe>

Entre las actividades programadas en dicho proyecto, en la primavera de 2011, se realizó una encuesta a un número de personas clave de los diferentes sectores en que se emplean las fuentes de radiación, así como de la industria nuclear. Posteriormente se están celebrando talleres regionales para discutir y valorar la cultura de seguridad en ambos sectores.

Uno de estos talleres se ha celebrado en Madrid, los días 12 y 13 de enero. En él se han analizado los resultados de la citada encuesta y, a partir de presentaciones de expertos de gran relevancia en el sector nuclear y médico, se han discutido las necesidades de formación sobre cultura de seguridad nuclear y protección radiológica en España, Portugal e Italia. Las presentaciones de expertos españoles incluyeron a José Ignacio

- Villadóniga (Tecnatom), César de la Cal (CNAT), Benito Gil (CSN), Manuel Rodríguez (CSN), Eliseo Vañó (UCM) y Fernando González (Tecnatom). Todas ellas, junto con las de los demás ponentes, se pueden encontrar en el enlace anterior a la página electrónica del proyecto.

- Las conclusiones del taller han reforzado la idea de que, en las organizaciones, la cultura de seguridad y protección radiológica debe emanar desde las estructuras de dirección y gestión. Por ello es necesario suministrar una formación esencial a los gestores, adaptada a su limitada disponibilidad de tiempo, que resulte atractiva y convincente, y que presente de forma patente los beneficios de la misma, tanto para evitar sucesos de consecuencias lamentables, como para mejorar la eficiencia y el logro de objetivos de la organización en general. El consorcio Trasnusafe, en el que participan la Universidad Politécnica de Madrid y Tecnatom, pondrá a punto a lo largo de 2012 un primer esquema de formación para gestores, que se espera constituya un modelo útil para todas las organizaciones interesadas.

Eduardo Gallego - UPM

NOTICIAS de MUNDO

Primer Simposio organizado por la ICRP sobre el Sistema Internacional de Protección Radiológica

Reunión anual de los Comités de ICRP

Por primera vez en su historia la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha organizado un *Simposio sobre el sistema internacional de protección radiológica*. El simposio se celebró del 24 al 26 de octubre de 2011 en Bethesda, Maryland, EE UU. Coincidiendo con el simposio, se celebró la reunión anual de los distintos comités y de la comisión principal de ICRP.

Este primer simposio de ICRP ha sido un éxito, con cerca de 400 asistentes procedentes de 35 países. Ello ha hecho que la ICRP comience a planificar el segundo simposio, el cual se celebrará coincidiendo con la reunión conjunta de los comités y la comisión principal que tendrá lugar en 2013.

En la ceremonia de apertura participaron, además de la actual presidenta de ICRP, la Dra. Claire Cousins, representantes de las principales instituciones de Estados Unidos relacionadas con la protección radiológica como la NRC (*Nuclear Regulatory Commission*), la EPA (*Environmental Protection Agency*), el DOE (*Department of Energy*) y el NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurements*).

La presidenta de ICRP presentó el *Plan estratégico de la ICRP 2011-2017*, un documento que describe la estructura y forma

- de funcionamiento de la comisión, así como sus principales objetivos y retos para el futuro cercano. El documento se puede descargar en www.icrp.org. Entre los retos de la ICRP definidos en su Plan Estratégico 2011-2017, se encuentran los desarrollos tecnológicos en medicina, los efectos diferentes al cáncer, las fuentes naturales de radiación, la protección del medioambiente o el conseguir mantener los conocimientos y la experiencia en protección radiológica adquirida durante muchos años de trabajo. La ICRP también define en su plan estratégico sus principales objetivos, entre ellos mejorar la difusión de las recomendaciones de la ICRP, ayudar a definir el trabajo científico que es necesario realizar para mejorar el sistema de protección radiológica, mejorar la concienciación sobre la protección radiológica en medicina, conseguir la completa integración de la protección del medioambiente en el sistema de protección radiológica, o mejorar todos aquellos temas relacionados con la gestión de la comisión. Para alcanzar estos objetivos, la ICRP propone diversas iniciativas, como el conseguir que sus publicaciones sean asequibles a precio más bajo o incluso gratuitamente, hacer recomendaciones sobre la investigación que es necesaria realizar para poder fortalecer el sistema de protección radiológica, celebrar simposios de ICRP de forma regular y aumentar la participación de la ICRP en foros de protección radiológica y de disciplinas relacionadas.

- En la primera sesión técnica del simposio, los presidentes de cada uno de los cinco comités que integran la ICRP (C1: Julian Preston; C2: Hans Menzel; C3: Eliseo Vañó; C4: Jacques

Lochard y C5: Jan Pentreath), presentaron la misión, objetivos, trabajo realizado en el pasado y plan de trabajo futuro de cada uno de sus comités.

El simposio se estructuró en 14 sesiones técnicas, en las que hubo un total de 55 presentaciones. Las presentaciones realizadas, así como la información sobre los ponentes o los presidentes de cada una de las sesiones técnicas se encuentran disponibles en la página electrónica de la ICRP (www.icrp.org). Las sesiones técnicas fueron:

1. El sistema de protección radiológica ¿Es adecuado para sus fines?
2. Reacciones tisulares: Riesgos de dosis bajas
3. Efectos de la radiación: Factores de modulación y evaluación de riesgos
4. Aplicaciones de la dosis efectiva
5. Protección radiológica en el espacio
6. Protección radiológica en tomografía computarizada
7. Prevención de accidentes en radioterapia
8. La base científica de los animales y plantas de referencia
9. La protección del medioambiente en la práctica
10. Restricciones de dosis y niveles de referencia
11. Protección radiológica en la gestión de residuos
12. Experiencia en la implementación de las recomendaciones de ICRP
13. Protección radiológica en NORM
14. Protección contra el radón en el lugar de trabajo

En la última sesión del simposio se presentó un resumen y las principales conclusiones de cada una de las sesiones técnicas celebradas, agrupándolas por los temas tratados. Para finalizar, la presidenta de ICRP, Claire Cousins, presentó las conclusiones finales del Simposio procediendo a clausurarlo.

Como se ha mencionado anteriormente, coincidiendo con el simposio los distintos comités de ICRP celebraron sus correspondientes reuniones anuales (del 23 al 28 de octubre). A continuación se presenta un resumen de los temas tratados en aquellos comités que tienen miembros españoles (Comités 3, 4 y 5).

Comité 3: Protección radiológica en medicina

Participaron en la reunión los miembros del comité: Eliseo Vañó (España, presidente), Jean Marc Cosset (Francia, vicepresidente), Madan REHANI (OIEA, secretario), Katrine Åhlström Riklund (Suecia), Mario Baeza (Chile), Lawrence Dauer (EE UU), Igor Gusev (Austria), John W. Hopewell (Reino Unido), Pek Lan Khong (Hong Kong, China), Sören Mattsson (Suecia), Donald Miller (EE.UU.), Pedro Ortiz López (España), Hans Ringertz (Suecia), Marvin Rosentein (EE UU), Yoshiharu Yonekura (Japón) y Baorong Yue (China). Los observadores que asistieron a la reunión fueron María del Rosario Pérez (WHO), Kenneth Kase (IRPA), Jim Malone (IEC) y Ausra Kesminiene (IARC).

El presidente, profesor Eliseo Vañó, dio la bienvenida a los miembros del C3 y a los observadores. Se aprobó la propuesta de agenda para la reunión, la cual contenía los siguientes puntos:

1. **Informe del presidente.** El profesor Vañó presentó su informe, que incluía el nuevo plan estratégico 2011-2017 de ICRP. En dicho plan, el mandato del Comité 3 incluye "... desarrollar recomendaciones y guías sobre la protección de los pacientes, el personal sanitario y el público contra las exposiciones a radiación ionizante en medicina". La ICRP ha publicado una declaración sobre las reacciones tisulares.

Entre los efectos diferentes al cáncer, se ha reconocido que la enfermedad cardiovascular es un efecto tardío importante de la exposición a radiación. Entre los retos del C3 se encuentran desarrollar mecanismos para mejorar la presencia de la ICRP en la comunidad médica (congresos, revistas, etc.), mejorar el área educacional de la página electrónica de ICRP, aumentar la cooperación con la OMS, OIEA, CEI, CE y otras organizaciones internacionales para mejorar el acercamiento a la comunidad médica, detectar problemas especiales de la protección radiológica en el área médica y sugerir nuevos documentos para dar asesoramiento.

2. **Tres publicaciones del C3**, que ya han pasado la fase de consulta pública, fueron discutidas y aprobadas:
 - a. Protección radiológica del paciente y los trabajadores en cardiología (D. Miller)
 - b. Protección radiológica en procedimientos guiados por fluoroscopia, realizados fuera el departamento de imagen (M. Rehani).
 - c. Protección radiológica en diagnóstico pediátrico y radiología intervencionista (P.L. Khong).
3. **Grupo de trabajo: protección radiológica en radioterapia con partículas cargadas.** Yoshiharu Yonekura presentó el documento. Se decidió que debería enviarse una propuesta del GT invitando a algunos miembros de los Comités 1 y 2 y del ICRU.
4. **Grupo de Tarea (TG): dosis a pacientes procedentes de radiofármacos.** Sören Mattsson presentó el progreso realizado en este documento (en cooperación con el C2). Los nuevos modelos biocinéticos y dosimétricos de las siguientes sustancias se enviarán a la Comisión Principal para que los revisen antes de que el documento pase a consulta pública: 18F-FET, 18F-FLT, 18F-choline, 11C-raclorpride, 18F-fluoride.
5. **Grupo de trabajo: seguimiento de personas accidentalmente expuestas.** Igor Gusev presentó un esquema del documento. Debe obtenerse información de si la OMS está preparando algún documento sobre este tema para evitar duplicación.
6. **Dosis efectiva:** hay un grupo de trabajo en ICRP en el que participan tres personas con formación en exposición médica, incluyendo un representante del C3 (Pedro Ortiz-López). En 2011 se celebró una reunión del grupo de trabajo, en la que hubo una considerable discusión, surgiendo los siguientes puntos:
 - a. El uso de la dosis efectiva en medicina es útil en determinadas situaciones.
 - b. El grupo de trabajo debe proporcionar guías claras sobre las situaciones en las que debe usarse la dosis efectiva y en las que no debe usarse.
 - c. El C1 y C2 deben proporcionar coeficientes y factores que permitan la estimación del detrimento en exposiciones médicas.
 - d. El grupo de trabajo debe aconsejar sobre como comunicar los riesgos de la radiación a profesionales médicos y a pacientes.
7. **Grupos de trabajo (WP) y Grupo de tareas (TG):**
 - A. **Continuación o extensión de TG existentes.**
 - TG 36: *Dosis de radiación a pacientes procedente de radiofármacos.* TG del C3 y el C2 que continúa (S. Mattsson, presidente). Involucrar miembros de C1, C2 e ICRU.

- TG 70: *Cáncer secundario derivado de las modernas técnicas de radioterapia*. Nuevo TG propuesto con Mario Baeza como presidente.

B. Nuevos TG.

Se propusieron los siguientes TG para tratar temas que en la reunión del C3 de 2010 se había decidido que serían temas para el futuro:

- TG: *Imagen con radiación ionizante de individuos asintomáticos*. Comenzar el grupo con Katrine Åhlström Riklund (presidenta).
- TG: *Protección radiológica de radioterapia de haces de iones*. Yoshiharu Yonekura (presidente).
- TG: *Protección Radiológica en "cone-beam CT"*. Se iniciará el trabajo con Madan Rehani como presidente.
- TG: *Protección ocupacional en braquiterapia*. Comenzar el grupo con Lawrence Dauer como presidente.

C. Nuevos WP.

- WP: *Justificación: Sistema sobre justificación en el uso de radiación ionizante en imagen médica*. Hans Ringertz (presidente).
- WP: *Aspectos de la protección ocupacional en procedimientos intervencionistas (procedimientos guiados por fluoroscopia)*. Comenzar el grupo con Pedro Ortiz López como presidente del mismo.
- WP: *Protección radiológica en terapia con radiofármacos*. Lawrence Dauer y Sören Mattsson (como co-presidentes).
- WP: *Niveles de referencia en diagnóstico para radiología intervencionista, radiología digital y PET/CT*. Comenzará el grupo con Eliseo Vañó como presidente.

8. Temas a tratar en el futuro.

- *Revisión de documentos existentes del OIEA y otros sobre aspectos de la protección ocupacional en PET/CT y uso de ciclotrón*. Sören Mattsson y Lawrence Dauer se encargaran del seguimiento de este tema.
- *Sistema para la optimización de pacientes individuales*. Madan Rehani se encargará del seguimiento del tema.
- *Magnitudes de dosis para visualización en equipos de imagen para orientar al CEI*.
- *Comunicación de los beneficios y riesgos de la radiación a profesionales médicos y al público*.
- *Ética en exposiciones médicas*.

9. **Presentaciones de los observadores.** Los observadores de IRPA, CEI, OMS e IARC hicieron presentaciones de sus actividades.

10. Simposio de ICRP.

Durante el simposio hubo dos sesiones relacionadas con la protección radiológica en medicina, tal y como se ha detallado anteriormente.

Comité 4: Aplicación de las recomendaciones de la Comisión

Como se ha comentado anteriormente, entre los días 22 y 28 de octubre de 2011 tuvo lugar en Bethesda (USA) la reunión anual del Comité 4. Actualmente, los miembros del C4 son: Jacques Lochar (Francia, presidente), Wolfgang Weiss (Alemania, vicepresidente), Jean-François Lecomte (Francia,

secretario), Peter Burns (Australia), Pedro Carboneras (España), Donald Cool (EE UU), Toshimitsu Homma (Japón), Michiaki Kai (Japón), Senlin Liu (China), Hua Liu (China), Sigurour M Magnússon (Islandia), Gustavo Massera (Argentina), Ann McGarry (Irlanda), Khammar Mrabit (Austria), Sergey Shinkarev (Rusia), Jane Simmonds (Reino Unido), Alex Simanga Tsela (Sudáfrica), Werner Zeller (Suiza). Los observadores del C4 son: Malcolm J. Crick (Unsear), Renate Czarwinski (OIEA), Augustin Janssens (CE), Edward Ted Lazo (NEA/CRPPH), Bernard Le Guen (IRPA), Shengli Niu (ILO), Alain Rannou (ISO), Joachim Schüz (IARC), Emilie van Deventer (OMS), Miroslav Voytchev (IEC).

Como recordatorio general, el Comité 4 tiene dos tareas básicas:

- Desarrollar guías para la aplicación de las recomendaciones de la ICRP.

- Servir como "punto de contacto" con las diversas organizaciones internacionales relevantes en la materia.

En la reunión del C4, además de los temas específicos de que se informa a continuación, se dedicó una atención particular a tres temas:

- La clarificación conceptual de la aplicación de las recomendaciones de la Publicación 103 en las diferentes situaciones de exposición (planeadas, existentes y de emergencia) y a las diversas categorías de exposición (ocupacional, médica y del público). De forma concreta, hubo un amplio debate sobre los criterios para catalogar como "ocupacionales" a exposiciones producidas en situaciones "existentes" o de "emergencia", y a los requisitos que serían de aplicación en tales casos, lo que afecta ya a los trabajos en curso relativos a "radón" y "NORM".

- La situación en Fukushima, con las acciones ya realizadas por parte de ICRP y las actualmente en curso, con vistas a identificar el modo óptimo en que el Comité 4 podría hacer su aportación.

- Las bases éticas del sistema de protección recomendado por ICRP y el modo en que el Comité 4 puede hacer una aportación en esta materia, para desarrollar mecanismos que ayuden en la comunicación y la aceptación social de las decisiones adoptadas en relación con la gestión del riesgo radiológico.

El Comité debatió en profundidad diversos temas según lo establecido en su agenda y adoptó los acuerdos y decidió las acciones que se indican a continuación:

- Tratar de incorporar, de forma sistemática, a todas las publicaciones que se preparen por el comité, los siguientes aspectos:

- a) Una estructura similar; un resumen de los contenidos y mensajes esenciales, y un glosario de aquellos términos específicos que se utilicen, en el marco del glosario general usado por ICRP.

- b) Las consideraciones necesarias sobre "Security", además de las habituales sobre "Safety".

- c) Referencias concretas (en lenguaje asequible) a los "valores" que subyacen en los contenidos de cada publicación, según las bases éticas del sistema.

- TG 67, sobre *Protección radiológica en el espacio* (conjunto con otros comités).

El trabajo está liderado por otro comité y está orientado, con toda preferencia, a los aspectos de las características

- del “campo de radiación” y de la “dosimetría” correspondiente, y tiene un interés menor para el C4. Se informará del progreso en la próxima reunión del comité en septiembre 2012, en Moscú.
- TG 71 sobre *Security Screening*
El comité adoptó el borrador del documento, sometido a una serie de correcciones menores que se harán por vía electrónica, con vistas a su eventual presentación a la Comisión Principal en su reunión de abril 2012, para posteriormente ser sometido a consulta pública.
 - TG 76 sobre NORM
Se analizó un borrador bastante avanzado, que debe ser revisado de nuevo en base a los comentarios aportados. En los primeros meses de 2012 se pasará al comité para comentarios, con vistas a su eventual adopción en la próxima reunión del comité en septiembre 2012. Este es uno de los ejemplos donde será relevante la catalogación correcta de los diversos tipos de exposición involucrados.
 - TG 79 sobre dosis efectiva
Prácticamente no hubo tiempo para debatir este tema, por lo que se solicitó que se distribuyera un primer borrador del documento a los miembros del comité, para su análisis y discusión en la siguiente reunión, de septiembre 2012.
 - TG 80 sobre gestión final de residuos radiactivos
A principios de noviembre finaliza el periodo de consulta pública y con los comentarios que se reciban se preparará una versión final que podría ser aprobada para edición por la Comisión Principal en su reunión de abril 2012.
 - TG 81 sobre radón
El borrador del documento estaba ya muy finalizado y contenía un esquema que puede ser de gran utilidad para otros temas que traten de situaciones existentes de exposición. Se produjo un debate interno sobre la catalogación y requisitos aplicables a los diversos tipos de exposición involucrados (ocupacional y público) y se adoptó el documento para su eventual adopción por la Comisión Principal, con vistas a someterlo al periodo de consulta pública ulterior (la Comisión Principal lo adoptó en los días siguientes). Este documento será de elevada relevancia, tanto para las normas básicas internacionales, como para los desarrollos nacionales necesarios. Directamente relacionado con él, está el tema de los coeficientes de riesgo del radón y de su dosimetría, objetos ambos de atención preferente por otros comités de ICRP y aún objeto de controversia científica.
 - TG 82 sobre protección del medioambiente (conjunto con el Comité 5)
Se adoptó el documento, que habrá que revisar para cambios menores en base a los comentarios recibidos de los miembros del C4. Con ello, se pasará a la Comisión Principal para su aprobación y posteriormente a consulta pública. Este documento es relevante para encuadrar adecuadamente la protección radiológica del medio ambiente en el marco general de las recomendaciones de ICRP.
 - TG 83 sobre protección radiológica en la aviación
El C4 propuso este nuevo alcance (y título) al trabajo del TG, que inicialmente estaba orientado solo a las “tripulaciones aéreas” y que fue posteriormente aceptado por la Comisión Principal. Se espera disponer de un primer borrador para análisis y discusión en la próxima reunión del comité en septiembre de 2012.
 - TG 84 sobre Fukushima (TG de la Comisión Principal)
El C4 discutió ampliamente el modo óptimo para hacer sus aportaciones al trabajo de este TG, ya en curso, y se acordó un modo de proceder, que se articulará entorno a un “Grupo de Trabajo” (WP) propio como se indica a continuación.
 - WP sobre riesgo radiológico
El comité acordó integrar las actividades previstas para este WP dentro del marco más amplio de WP sobre Ética, que se indica a continuación.
 - WP sobre Ética
El comité debatió ampliamente este tema y acordó proponer la creación de un WP, conjunto con la “Comisión Principal” y con miembros de otros comités, para analizar, de forma reposada y en profundidad, el alcance y orientación que podría tener el tratamiento de las bases éticas del sistema actualmente recomendado por ICRP, y su utilidad para poder sustentar y comunicar mejor las decisiones en la gestión del riesgo radiológico. Se informará del progreso en la próxima reunión del comité, en septiembre de 2012.
 - WP sobre transición entre situaciones de exposición de emergencia y existentes
El trabajo de este WP se dedicaría de forma preferente a analizar el tema indicado, en base a lo establecido en las publicaciones 109 y 111 de ICRP, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima y su gestión. De forma más general, servirá como mecanismo de apoyo a las tareas del TG-84 mencionado previamente, en lo que se refiere a las aportaciones del Comité 4 al mismo.
La reunión de Bethesda del Comité 4 ha estado ciertamente influida tanto por las actividades paralelas de la Comisión Principal, como por las relativas al Simposio mencionado. Sin duda esto será un elemento de reflexión de cara a la celebración de ulteriores eventos similares.
La próxima reunión del Comité 4, esta vez exclusiva, se celebrará en Moscú, del 24 al 28 de septiembre de 2012.
- ### Comité 5: Protección radiológica del medioambiente
- En la reunión del Comité 5 participaron Jan Pentreath (Reino Unido, presidente); Carl Magnus Larsson (Australia, vicepresidente); Almudena Real (España, secretaria); Francois Brechignac (Francia); David Copplestone (Reino Unido); Kathy Higley (EE.UU.); Kazuo Sakai (Japón); Per Strand (Noruega); Alexander Ulanovsky (Alemania). Como observador participó Gerhard Pröhl (OIEA).
- Los temas tratados, tal y como se recogía en la agenda de la reunión fueron:
1. **Introducción del presidente.**
Jan Pentreath dio la bienvenida a los miembros del C5 y al observador. Agradeció a Gerhard Pröhl su valiosa contribución al C5 durante el tiempo que ha sido miembro de dicho Comité, dándole la bienvenida en su nuevo puesto de observador. El nuevo miembro del C5, Alexander Ulanovsky, fue calurosamente bienvenido.
 2. **Acta de la anterior reunión celebrada en Viena, Austria, en agosto de 2010.**
El comité revisó el acta de la reunión anterior, para comprobar que todas las tareas se habían cumplido. Siguiendo la iniciativa

de la ICRP de hacer públicas a través de su página electrónica las actas de las reuniones de los comités, para que aquellos que estén interesados puedan hacer un seguimiento de las actividades que realiza la Comisión, el C5 acordó que de ahora en adelante hará públicas las actas de sus reuniones. La correspondiente a la reunión de Bethesda 2011, ya se encuentra disponible en la página electrónica de ICRP.

3. Informe del presidente sobre temas tratados por la Comisión Principal.

Jan Pentreath distribuyó a los asistentes el documento recientemente publicado por la ICRP *Plan Estratégico de ICRP, 2011-2017*, revisando cada una de las secciones que lo integran. Se hizo notar que uno de los retos de la comisión es la protección del medioambiente, con el objetivo de que la protección del medioambiente frente a los efectos perjudiciales de la radiación ionizante esté completamente integrada en el sistema de protección radiológica de la ICRP.

El C5 propuso que, a través de la Comisión Principal, se estableciera un enlace con Unsear en relación a las evaluaciones que está realizando en la actualidad sobre el impacto medioambiental del accidente de Fukushima.

El comité apoya firmemente la iniciativa de la ICRP de "Dar recomendaciones sobre la investigación que es necesario realizar para fortalecer el sistema de protección radiológica", tal y como se describe en el plan estratégico de la comisión. De hecho el C5 ya realizó una presentación sobre el tema en junio de 2011 en la Conferencia Internacional en Radioecología de Hamilton (Canadá). Además, en la Publicación 114 de la ICRP de noviembre de 2011, se hicieron algunas recomendaciones sobre las necesidades existentes en investigación en lo que respecta a los factores de transferencia de radionucleidos.

El C5 pretende preparar una declaración sobre las necesidades en investigación en el área de protección radiológica del medioambiente y hacerla pública a través de la página electrónica de ICRP.

4. Revisión de otras actividades que están en marcha sobre la protección radiológica del medioambiente.

Unsear: El C5 discutió las actividades que se están realizando en Unsear. Tras la publicación del Anexo Científico de 2008 sobre los efectos de la radiación en la biota no humana, Unsear no está realizando ninguna acción específica directamente relacionada con los efectos en el medioambiente, aparte del seguimiento del accidente de Fukushima.

OIEA: El organismo está lanzando un nuevo programa denominado MODARIA (*MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments*), que tendrá una duración de cuatro años (2012-2015). El objetivo del programa es proporcionar un foro en el que la gente de todo el mundo pueda participar. Este programa continuará y desarrollará más en detalle la experiencia adquirida en programas previos del Organismo, como Emras I y II. Aunque los detalles del programa aún deben ser definidos, la protección radiológica del medioambiente será uno de los temas a tratar en Modaria. La primera reunión técnica del programa tendrá lugar en la sede del OIEA en Viena (Austria) del 19 al 22 de noviembre de 2012.

El C5 discutió las guías de seguridad que en la actualidad está realizando el OIEA relacionadas con la protección radiológica del medioambiente.

El grupo de coordinación para la protección radiológica del medioambiente del OIEA tuvo una reunión en septiembre de 2010 en Viena. Está planificada una reunión del grupo para el segundo semestre de 2012. En dicha reunión se podrán discutir las tres guías de seguridad que actualmente está realizando el OIEA, mencionadas anteriormente.

IUR: La Junta Directiva de la Unión Internacional de Radioecología (IUR) ha sido recientemente renovada para los próximos cuatro años. Los miembros del C5, Francois Brechignac y Per Strand ocupan los cargos de presidente y secretario general, respectivamente. Kathy Higley (miembro del C5) es el representante de la IUR en América del Norte y Canadá. David Copplestone (miembro del C5) lidera un grupo de trabajo de la IUR sobre protección radiológica del medioambiente. En la actualidad este grupo está definiendo su programa de trabajo para el futuro.

Redes de excelencia/Alianzas en Radioecología: El comité discutió las actividades de investigación que se están realizando en el mundo, incluyendo las recientemente creadas redes de excelencia en Radioecología en Europa (la red STAR (*Strategy for Allied Radioecology*) y la Alianza Europea en Radioecología), EE UU (*National Centre for Radioecology, NCoRE*) y Asia (*Asian and Indian Networks on Radioecology*).

5. Informe del TG 72 sobre "Eficacia biológica relativa y animales y plantas de referencia"

Se discutió el contenido de esta publicación. El TG circulará un borrador definitivo a los miembros del C5 y los participantes del C1 y C2 a finales de 2011 para comentarios. A principios de 2012 la publicación se mandará a los presidentes de los Comités 1 y 2 para que envíen los comentarios oportunos.

6. Informe del TG 74 sobre "Dosimetría más realista para especies no-humanas"

Se hizo un resumen del trabajo realizado por el TG74. El borrador de la publicación se distribuirá al C5 en enero de 2012 para comentarios.

7. Informe de la IUR sobre "La aproximación del ecosistema para protección del medioambiente. Coordinación con la SETAC".

En relación con el mandato que tenía el C5 de establecer comparaciones con otras aproximaciones para la evaluación de riesgos que están siendo aplicadas en otras industrias, un grupo de trabajo de la IUR (liderado por el miembro del C5 Francois Brechignac) está terminando un informe sobre lo que generalmente se denomina la aproximación del ecosistema. El borrador de dicho informe fue presentado al C5, y el comité acordó enviar sus comentarios a finales de enero de 2012. Un resumen de dicho informe ya ha sido publicado en la revista de la SETAC (*Recommendations from the International Union of Radioecology to Improve Guidance on Radiation Protection. Integrated Environmental Assessment and Management. Volume 7, Number 3. pp. 411-413. 2011 SETAC*).

8. Borrador de la publicación del TG82 del C5 y el C4 sobre "La aproximación de la ICRP para la protección del medioambiente en diferentes situaciones de exposición".

Los contenidos de esta publicación ya habían sido discutidos en detalle con anterioridad. Se discutieron los comentarios recibidos de los revisores del C4. El C4 ha aprobado la publicación, sujeta a algunos comentarios menores. El C5 también

aprobó el informe, que será presentado a la Comisión Principal en breve.

9. Borrador de la publicación sobre “Aplicación de los niveles de consideración de referencia derivados (DCR) para animales y plantas de referencia en diferentes situaciones de exposición”.

El C5 estuvo de acuerdo en que, si fuera posible, este documento debería publicarse al mismo tiempo que el informe elaborado por el TG 82 anteriormente mencionado. Se completará un borrador final para enero de 2012, distribuyéndolo al C5 y el C4 para comentarios, con la intención de presentarlo a la Comisión Principal en su próxima reunión que se celebrará en abril de 2012.

10. El accidente de Fukushima.

El Dr. Kazuo Sakai (miembro del C5) hizo una presentación sobre el accidente de Fukushima y una evaluación preliminar de las consecuencias en el medioambiente. Se mostraron ejemplos de como se han utilizado las publicaciones de ICRP realizadas por el C5 en evaluaciones preliminares del impacto en el medio ambiente alrededor del lugar del accidente.

11. Nuevos grupos de trabajo.

El C5 planea crear dos grupos de tarea (TG) para:

- Ayudar en la implementación práctica de lo que el C5 ya ha producido en el área de la dosimetría de la biota no humana, mediante el desarrollo de una herramienta que permita calcular DCC para flora y fauna; y
- Mejorar las bases de datos científicas en las que se basa el C5 para hacer sus recomendaciones, examinando en más detalle aspectos relacionados con los principales animales y plantas de referencia (RAP).

Se preparará una propuesta para crear un TG sobre “la aplicación práctica” del sistema de la ICRP a algunos aspectos de la industria nuclear, que será presentada a la Comisión Principal en abril de 2012.

12. Próxima reunión del C5

La próxima reunión el C5 se celebrará en junio de 2012 en un lugar aún por decidir.

En el simposio hubo dos sesiones sobre temas relacionados con la protección radiológica del medioambiente, como se ha informado anteriormente. El sentimiento general del C5 es que hubo una reacción muy positiva de los participantes, ya que muchos de ellos expresaron su interés por el tema y en concreto por las presentaciones realizadas en estas dos sesiones. Algunos participantes expresaron su preocupación por la incertidumbre asociada a los datos existentes, un hecho del que es consciente el C5 y que continuará estudiando y considerando.

*Eliseo Vañó (Presidente del Comité 3)
Pedro Carboneras (Miembro del Comité 4)
Almudena Real (Secretaria del Comité 5)*

La Unión Europea permite el uso de escáneres corporales

En virtud de un reciente dictamen de la Comisión Europea (CE), a partir del 7 de diciembre de 2011, en los aeropuertos de la Unión Europea los pasajeros podrán ser examinados

mediante escáneres corporales de radiación no ionizante (RNI), que utilizan ondas milimétricas pulsadas y señales en el rango de los terahertzios. No obstante, los pasajeros tendrán derecho a negarse a ser examinados mediante dichos escáneres corporales, pudiendo optar por métodos convencionales de exploración. En cuanto a escáneres basados en el uso de rayos X, la Comisión ha decidido imponer una prohibición completa en el territorio de la Unión.

Los niveles de potencia empleados por los escáneres de RNI son bajos, pero pueden generar densidades de energía hasta 1,0 kW m² para un campo pulsado promediado sobre el ancho de pulso. Así, los niveles de exposición resultante equivaldrían al 10% del valor máximo recomendado por las directrices de la Comisión Internacional de Protección ante Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) para la protección del público general ante daños inmediatos causados por exposiciones cortas.

La Comisión ha declarado que, bajo tales condiciones, el uso de estos equipos basados en emisiones no ionizantes y denominados “safety scanners”, no supone un riesgo para la vida o la integridad física de los sujetos explorados. Sin embargo, la CE admite que la ciencia aún no ha proporcionado todavía respuestas definitivas sobre esta materia. A este respecto, el presidente de la Comisión Alemana de Protección Radiológica (SSK), Rolf Michel, mantiene que los datos disponibles son todavía insuficientes, ya que la mayoría de trabajos experimentales realizados hasta la fecha han utilizado niveles de radiación muy superiores a los emitidos por los escáneres corporales. Según la información recabada por la comisión, actualmente solo Gran Bretaña y los Países Bajos aplican el escáner corporal a los usuarios de sus aeropuertos, Francia e Italia han expresado un interés potencial en tales equipos.

La Comisión Internacional de Protección ante Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) publicará en la revista *Health Physics* (102:81-82; 2012) una declaración sobre *Cuestiones sanitarias relacionadas con ondas milimétricas en la tecnología de imagen del cuerpo completo*. La declaración está ya disponible en la página web de ICNIRP (www.icnirp.org).

Comité de Redacción

Cuarto workshop EAN_{NORM}

En 1996, tras la publicación de las Normas Básicas de Seguridad europeas, la Comisión Europea decidió crear la European ALARA Network (EAN) como un foro en el que todos aquellos centros y organismos interesados pudieran intercambiar información relevante sobre la optimización de las dosis. A raíz del proceso de revisión de las Recomendaciones Internacionales y de las Normas Básicas, se incluyeron en dicho foro las industrias NORM (añadiendo por tanto la EANNORM) con el objetivo de aplicar el principio ALARA al campo de estas industrias. Este foro fue promovido por EURATOM, que además la financió durante sus dos primeros años de existencia (desde enero del 2007 hasta diciembre del 2008).

Como inicio de las actividades de la red se organizó en Dresden (Alemania) un primer Workshop de la red European Alara Network para NORM en noviembre de 2007. Tras otros dos Workshops adicionales, celebrados en esa misma ciudad

alemana, el cuarto Workshop ha tenido lugar en Hasselt (Bélgica) del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2011. En esta ocasión el número de asistentes fue de 85 (4 españoles). Entre los asistentes se incluían representantes de la Unión Europea así como del OIEA, expertos en las Normas Básicas de Seguridad que ambos organismos están ultimando. En esta ocasión el tema elegido para el Workshop fue "Transporte de NORM, medidas y estrategias en NORM y materiales de transporte".

Durante el Workshop se realizaron 31 ponencias en relación al tema elegido, además de tres mesas redondas en las que se discutieron las preguntas planteadas por los propios asistentes.

De forma introductoria A. Janssens por parte de la Unión Europea y P.P. Haridasan por parte del OIEA, presentaron el tratamiento que las respectivas NBS hacen con los materiales NORM.

Es de remarcar la aproximación distinta a los materiales NORM que se realiza en ambas normas, considerándose exposiciones planificadas en las NBS europeas y existentes, en general, en las del OIEA. El comienzo del control regulador en ambos casos ha convergido en un sistema coherente, comenzando en los niveles de exención definidos en la guía RS-G-1.7 en los dos borradores. En cuanto a las bandas de dosis efectiva a aplicar para incrementar el grado de control en las actividades laborales, se encuentran diferencias por el distinto tratamiento aplicado en ambos casos. Así en las NBS europeas se utiliza un nivel de dosis efectiva de 0.3 mSv/a para la dispensa de materiales, mientras que en las NBS del OIEA los niveles de dispensa se plantean idénticos a los de exención. Para un mayor control en las NBS europeas se fijan valores de dosis efectiva de entre 1 y 6 mSv/a, mientras que las NBS del OIEA solo recomiendan fijar los niveles de referencia para un incremento del control en la banda de 1 a 20 mSv/a. Finalmente, en cuanto a las industrias que deben incluirse en el control, las NBS europeas incluyen un listado, mientras que las internacionales no, ya que las definieron en su documento Safety Report Series 49. Las diferencias existentes en ambos listados son mínimas.

En el caso del transporte de materiales NORM se presentaron varias iniciativas de armonización incluidas en IATA, ICAO e IMO. Se presentaron también casos prácticos sobre la aplicación de un nivel de exención para el transporte de materiales NORM, de un factor 10 sobre los niveles definidos en la RS-G-1.7.

En el caso de los materiales de construcción se presentaron varias revisiones en las que se aplicaron los niveles de referencia, basados en una dosis efectiva anual de 1 mSv/a, así como posibilidades de mejora del índice de actividad I de los materiales de construcción. Es de interés la presentación de la base de datos de materiales de construcción realizada en la Unión Europea (puede consultarse información sobre la base de datos en J. Env. Rad. 105,11-20. 2012).

Se discutió además la posibilidad de encajar las regulaciones propuestas en el caso de los residuos radiactivos NORM con el sistema de regulación actual de residuos tóxicos. Una propuesta interesante se centró en el uso del European Catalog of Wastes para contrastar posibles discrepancias, en caso de que una industria NORM no apareciera en dicho catálogo, por ejemplo.

En general todo el Workshop fue satisfactorio, abriéndose interesantes discusiones tanto en las rondas de preguntas de

las distintas presentaciones como en las mesas redondas. El próximo Workshop volverá a celebrarse en Dresden a finales del año 2013.

Todas las presentaciones del Workshop, junto a otra información relevante, pueden consultarse en la web de la red EAN_{NORM}: www.ean-norm.net.

Juan Carlos Mora
Ciemat

Reunión Plenaria ISO de Protección Radiológica

En abril de 2011 se celebró en Niagara (Canadá) la Reunión Plenaria del comité ISO de Protección Radiológica. Allí se hizo oficial la aceptación de la propuesta hecha por Aenor España, en marzo de 2010, sobre una nueva norma internacional, de la que hice una presentación en la reunión del grupo de trabajo WG22 *Dosimetry and related protocols in medical applications of ionizing radiation*:

ISO 16644 Radiological Protection - Determination of activity for dose assessment in patients treated with iodine 131 for thyroid diseases.

El comité internacional está formado por 24 + 6 países, ver asistentes a la reunión de Canadá:



Para que una norma ISO pueda prepararse, la mayoría de los países que forman el Comité Internacional deben votar favorablemente, y además cinco países deben apoyar la propuesta designando un experto nacional para su desarrollo.

La propuesta formal de ISO sobre esta norma se envió a los diferentes organizaciones internacionales de normalización (Aenor es la española), en agosto de 2011, finalizando el plazo para su votación el día 17 de noviembre.

El resultado de la votación fue muy favorable:

– Países que votan SI a la propuesta : Alemania, Argentina, Austria, Bulgaria, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, Kenya, Corea del Sur, Polonia, Reino Unido, Rusia, Suecia.

– Países que nominan un experto para el grupo de trabajo: Argentina, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Kenia, Corea del Sur.

Además debe mencionarse que entre estos se encuentran los mejores expertos internacionales en dosimetría en medicina nuclear como el Dr. Mike Stabin, de Estados Unidos; Dr.

Glenn Flux, de Reino Unido; y Dr. Manuel Bardiés, de Francia. También apoyan el proyecto con entusiasmo el conocido grupo Radar, (*Task Group of the US Society of Nuclear Medicine*) y la AENM (Asociación Europea de Medicina Nuclear), que ha nominado un experto para que actúe como enlace con el comité ISO de Protección Radiológica.

El primer cronograma planeado por ahora para el desarrollo de esta norma tiene como objetivo preparar la norma ISO16644 en tres años, con un primer borrador en 2011.

La primera reunión del grupo de trabajo se debe realizar en cuanto todos los miembros hayan leído y comentado el VWD que se está elaborando. Por cortesía debería realizarse en España, Madrid o Valladolid.

La segunda reunión se realizará en París, coincidiendo con la reunión plenaria 2012 del comité, en junio de 2012.

Raquel Barquero
Jefe Sección Radiofísica y Protección Radiológica
Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid

Candidata española al Premio a la Mejor Ponencia Joven del Congreso IRPA 13

Respondiendo a la convocatoria realizada por los organizadores del Congreso IRPA 13, para premiar a la mejor ponencia presentada por profesionales e investigadores jóvenes, y tras difundir la convocatoria a los socios de la SEPR, la Junta Directiva de la SEPR ha presentado la candidatura de nuestra socia Alegría Montoro, del Servicio de Protección Radiológica del Hospital Universitario "La Fe" de Valencia, que es co-autora del trabajo titulado: *Assessment of frequency of dicentric chromosomes in Ukrainian children from parents exposed to radiation fall-out after the Chernobyl accident*.

Desde estas páginas le deseamos todo el éxito durante el congreso y, si es posible, que se traiga el premio. ¡Suerte!

Comité de Redacción

España ha sido aceptada como miembro de pleno derecho de Unsear

Por Resolución 66/70 de la Asamblea General de Naciones Unidas, adoptada el 9 de diciembre de 2011, España pasa a formar parte de pleno derecho en el Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR).

Previamente el Cuarto Comité en el documento A66/424 de 21 de noviembre había tratado el tema *Effects of Atomic Radiation* y adoptado esa resolución. También han sido aceptados los otros cinco países que antes de 2007 se habían postulado (Bielorusia, Corea, Finlandia, Pakistán y Ucrania).

La designación significa lograr una ansiada aspiración después de varios años. Resulta altamente grato ya que este comité tiene gran importancia a nivel mundial, siendo el órgano científico de más alto rango para evaluar los efectos de las radiaciones ionizantes debidos a todas las fuentes tanto naturales como artificiales. Sus evaluaciones constituyen las bases

científicas en la cual se basa el sistema mundial de protección radiológica y las normativas correspondientes.

Resulta importante hacer notar que hubo una decidida acción de nuestra representación diplomática en Nueva York y también por parte del Consejo de Seguridad Nuclear.

Desde que en 2007 España fue invitada como observador, la representación española ha sido asegurada en estos cinco años por el profesor Eliseo Vañó representando a Sanidad y por David Cancio representando al Ciemat. Ambos se han coordinado y participado en las sesiones del Comité, revisando y discutiendo documentos y asegurando la comunicación con el CSN.

Se espera ahora la designación oportuna del representante oficial y de un grupo técnico asesor de apoyo al trabajo necesario que debería comprender a varias especialidades.

David Cancio. Ciemat

Directiva 2011/70/ Euratom

Directiva del Consejo de 19 de julio de 2011 por la que se establece un marco comunitario para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos.

Adoptada por el Consejo Europeo, establece las normas vinculantes para la gestión segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos en los estados miembros. Ha sido publicada en el Diario oficial de la Unión Europea con fecha 2 de agosto de 2011 y su entrada en vigor ha sido a los veinte días de su publicación.

El artículo primero de esta directiva menciona la obligación ética de evitar a las generaciones futuras cualquier carga indebida en relación con el combustible gastado y los residuos radiactivos, así como los residuos radiactivos que se derivarán previsiblemente del desmantelamiento de las instalaciones nucleares existentes. Mediante la aplicación de esta directiva, los Estados miembros habrán demostrado que han tomado las medidas razonables para asegurarse que se alcance ese objetivo realizando una gestión responsable y segura.

Entre otras medidas, promueve el establecimiento de programas nacionales que aseguren la traducción de las decisiones políticas en disposiciones claras para la ejecución de todas las etapas de la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos, desde la generación hasta el almacenamiento definitivo. Asume asimismo la posible colaboración entre Estados miembros para el uso compartido de instalaciones destinadas a la gestión, incluidas las instalaciones de almacenamiento definitivo.

En relación con los requerimientos en el proceso de toma de decisión, aboga por una aproximación gradual, proporcional al nivel de riesgo y basada en una evaluación de la seguridad destinada a demostrar que se ha alcanzado el nivel de seguridad exigido.

La directiva garantiza la organización de la información y la participación pública en lo que respecta a la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos, con la debida consideración de los aspectos de seguridad y del respeto de los derechos de propiedad de información.

Inmaculada Simón Cirujano
Área de Residuos de Baja y Media Actividad. CSN



STAR (Strategy for Allied Radioecology)

El 1 de febrero de 2011 comenzó su andadura la Red de Excelencia Europea en Radioecología STAR (*Strategy for Allied Radioecology*) dentro del séptimo programa marco de la UE. En STAR participan nueve instituciones europeas, incluido el Ciemat y su duración es de cuatro años y medio. El principal objetivo de esta Red de Excelencia es conseguir una integración de la investigación en radioecología a nivel europeo, evitando además el declive que dicha disciplina estaba sufriendo en los últimos años.

Para cumplir con estos objetivos se han definido siete grupos de trabajo, uno dedicado a la gestión del proyecto, tres de investigación en radioecología (efectos de las bajas dosis de radiación en la biota no-humana; efectos de la exposición a múltiples contaminantes, siendo uno de ellos la radiación ionizante; y desarrollo de herramientas para la evaluación integrada de los riesgos radiológicos en humanos y la biota no-humana), y por último tres grupos de trabajo centrados en la integración de las nueve instituciones (mediante el desarrollo de

- una Agenda Estratégica de Investigación), la formación, educación y movilidad, y la diseminación de resultados.
- En estos tres últimos grupos se están llevando a cabo varias tareas de gran importancia para STAR. Por un lado se están elaborando dos bases de datos, una que recolectará todos los datos sobre metodologías e infraestructuras de las nueve instituciones y una segunda que recopilará información sobre las bases de datos que cada una de ellas posee, principalmente conteniendo datos de medidas en el medio ambiente. Por otro lado se están definiendo las características que un Observatorio Europeo en Radioecología deberá tener, para después concretar qué emplazamiento podría ser el mejor candidato para ser utilizado con fines de investigación y de forma común por todas las organizaciones interesadas. Otro grupo de trabajo está centrado en definir las posibles opciones para conseguir programas de formación y educación comunes en Radioecología. Finalmente, uno de los grupos de trabajo se encarga de la diseminación de todo lo logrado en la Red, mediante el uso de trípticos, *newsletters* y principalmente mediante la creación de una página electrónica basada en tecnología "wiki" que se desarrolla a medida que el proyecto avanza. Puede consultarse dicha web y todo el contenido ya disponible de forma pública en www.star-radioecology.org.

Comité de Redacción

PUBLICACIONES

Publicaciones ICRU

Report 86: Quantification and Reporting of Low-Dose and other Heterogeneous Exposures



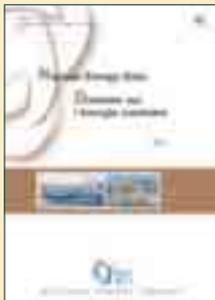
En este informe se buscan soluciones al hecho de que la dosis absorbida, en solitario, no sea un indicador suficiente para predecir los daños derivados de la exposición cuando ésta se realiza con un alto grado de heterogeneidad en la deposición de energía o en la estructura del blanco irradiado. Se recomienda que en estos casos se considere la distribución de energía de la partícula radiante en función del tiempo y del tipo de partícula. Concluye, no obstante, que a menudo, una descripción simplificada

expresada en términos de distribución de tasa de fluencia, densidad de probabilidad de energía lineal y la tasa de eventos o incluso tasa de dosis absorbida y la calidad de radiación, son descripciones apropiadas y suficientes para poder predecir los efectos de la irradiación.

ISSN 1473-6691
Journal of the ICRU Vol 11 No 2 (2011) Report 86
Oxford University Press

Publicaciones OECD-NEA

Nuclear Energy Data 2011



Esta publicación de la Agencia de Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es la compilación anual de estadísticas e informes de los estados miembros de la OCDE por lo que al uso de la energía nuclear se refiere. Incluyen los proyectos de construcción de nuevos reactores nucleares y presentan tanto la capacidad de generación eléctrica nuclear actual como la proyectada hasta el año 2035. Por primera vez, se incluyen

datos para Chile, Estonia, Israel y Eslovenia, recientemente ingresados en la OCDE. Como dato destacado en esta edición se presenta un aumento del 2 % en la producción de electricidad nuclear en el mundo.

ISBN: 9789264121874
OECD Publishing. Code: 662011033P1

Publicaciones HPA

Radiation Risks from Medical X-ray Examinations as a Function of the Age and Sex of the Patient

HPA-CRCE-028



Los riesgos de la exposición a radiaciones ionizantes debida a exámenes médicos han sido evaluados como una función de la edad y el sexo del paciente en términos de riesgo de cáncer radioinducido en el propio paciente, por un lado, y de riesgo de efectos hereditarios mortales para la descendencia del paciente, por otro. Estos riesgos han sido estimados en base a modelos descritos por la publicación 103 de la ICRP, usando valores típicos de dosis

en órganos para un conjunto de exámenes radiológicos obtenidos en recientes muestreos realizados en centros sanitarios británicos.

El coeficiente de riesgo de cáncer radioinducido encontrado para algunas franjas de edad, sexo y examen puede diferenciarse del coeficiente de riesgo nominal de ICRP para el cáncer (5.5 % por Sv, promediado para todas las franjas de edad y para ambos sexos), hasta en un factor diez.

ISBN: 978-0-85951-709-6

www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/CRCEScientificAndTechnicalReportSeries/HPACRCE028/

Radiation Protection Dosimetry



Número especial: Radiation Protection in Medicine

Número especial de la revista Radiation Protection Dosimetry de interés para nuestros compañeros del mundo hospitalario. Son las actas de la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica en Medicina de Varna (Bulgaria) del 1-3 de Septiembre de 2011 convocada por la IRPA. Las ponencias que se presentan están clasificadas en los siguientes

capítulos: dosis y efectos en procedimientos intervencionistas, TC, radiología pediátrica, mamografía, control de calidad y dosimetría al paciente en radiología, medicina nuclear, radioterapia, efectos y riesgos de las radiaciones y formación y desarrollo profesional. Un total de 6 ponencias invitadas de gran interés preceden al resto; abordan temas como los daños en piel en procedimientos intervencionistas, gestión de dosis en TC, SPECT/TC y PET/TC o el desarrollo de criterios de buenas prácticas en el uso de radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario

Radiation Protection Dosimetry
VOLUME 147 NO 1-2 2011
ISSN 0144-8420

Publicaciones CSN

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante los años 2006-2007

Colección Documentos 20.2011



Revisión de los datos procedentes de la vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en España en el periodo 2006-07. Aporta información procedente del Banco Dosimétrico Nacional (BDN) y hace un estudio estadístico detallado de las dosis mensuales, acumuladas, etc. de los trabajadores en función del tipo de instalación, puestos de trabajo, categoría del trabajador, etc. Se han considerado los cuatro ámbitos laborales desde los que se nutre el BDN, a saber:

Instalaciones radiactivas (médicas –incluidas las de radiodiagnóstico- e industriales), centrales nucleares, instalaciones del ciclo de combustible y de almacenamiento de residuos y otras instalaciones (investigación, docencia, transporte y el propio CSN). Una de las conclusiones a las que se llega en el documento es el valor promedio de dosis anual de los trabajadores profesionalmente expuestos en España: 0,95 mSv/año.

Referencia DOC-07.13

www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/documentos_csn/dosimetra2006-7.pdf



CONVOCATORIAS 2012

“más información en www.sepr.es”

MARZO

- **4th Training Course on “Late Phase Nuclear Accident Preparedness and Management”**
Del 12 al 15 de marzo en Fontenay-aux-Roses (Francia).
- **10th International Workshop on Microbeam Probes of Cellular Radiation Response**
Del 15 al 17 de marzo de 2012 en Nueva York (EE.UU.).
Más información: <http://meeting.raraf.org/>
- **Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC IX)**
Del 25 al 30 de marzo en Hawaii (EE.UU.).
Más información: <http://altmine.mie.uc.edu/nuclear/marc/ix.shtml>

ABRIL

- **Simposio Internacional sobre Protección Radiológica.**
Del 2 al 4 de abril de 2012 en Cuzco (Perú).
Más información: www.sprperu.org/simposio/
- **Seminar and training on scaling, uncertainty and 3D coupled code calculations in nuclear technology**
Del 9 al 27 de abril en Daejeon (Corea del Sur).
Más información: www.nrgspg.ing.unipi.it/3dsuncop
- **European Workshop on Education and Training in Medical Radiation Protection (MEDRAPET)**
Del 21 al 23 de abril de 2012 en Atenas (Grecia).
Más información: www.medrapet.eu/wp2-workshop

- **Workshop on European Population Doses from Medical Exposure**
Del 24 al 26 de abril de 2012 en Atenas (Grecia).
Más información: <http://ddmed.eu/workshop>

MAYO

- **International Congress of the International Radiological Protection Association - IRPA 13**
Del 13 al 18 de mayo de 2012 en Glasgow (G.B.).
Más información: www.irpa13glasgow.com

JUNIO

- **12th International Workshop on Radiation Damage to DNA**
Del 2 al 6 de junio en Praga (Rep. Checa).
Más información: <http://hroch.ujf.cas.cz/~radamdna/index.html>
- **International Symposium EU-NORM 1**
Del 5 al 7 de junio en Tallin (Estonia).
Más información: www.eunorm1.ee
- **International Symposium on In Situ Nuclear Metrology as a tool for Radioecology - INSINUME 2012**
Del 11 al 15 de junio en Bruselas (Bélgica).
Más información: www.insinume2012.com
- **Bioelectromagnetics Society Meeting (BEMS)**
Del 17 al 22 de junio en Brisbane (Australia).
Más información: www.bems2012.com.au/2012

CURSOS 2012

MARZO

4th Training Course on “Late Phase Nuclear Accident Preparedness and Management”

Organizado por: Centro de Evaluación de Protección Nuclear (CEPN, Francia) en colaboración con el Instituto de Investigación para las Ciencias del Suelo y Agroquímica (BRISSA, Bielorusia), la Autoridad Noruega de Protección Radiológica (NRPA) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Lugar, fecha: del 12 al 15 de marzo de 2012 en el CEPN, 28 rue de la Redoute, 92260, Fontenay-aux-Roses, Francia.

Antecedentes: organizado en el marco de la Plataforma Europea Neris, sobre preparación para la respuesta ante una emergencia nuclear y radiológica y posterior recuperación.

Objetivos: se ocupa específicamente de la fase tardía después de un accidente nuclear o radiológico con consecuencias a largo plazo para la población. El objetivo principal es proporcionar los principios y consejos prácticos para quienes participan en la preparación para la rehabilitación de las condiciones de vida en las zonas contaminadas.

Dirigido: a radiofísicos, técnicos y asesores radiológicos, personal responsable de la organización en general y la política de rehabilitación, protección civil y a todas las personas interesadas.

Más información: www.informaglobalevents.com/event/background-radiological-protection

Curso de Capacitación para Operadores de Instalaciones Radiactivas. Campo de aplicación: laboratorios con fuentes no encapsuladas (CSIC-UAM)

Lugar, fecha y horario: instituto de Investigaciones Biomédicas “Alberto Sols” (CSIC-UAM). C/ Arturo Duperier, 4. 28029-Madrid. Del 12 al 26 de marzo de 2012, en horario de 9:30 a 14 horas. Fecha de examen: 30 de marzo de 2012.

Objetivos: ofrecer formación y capacitación adecuadas para las personas que necesiten optar a la licencia de operador de instalaciones radiactivas. Especialmente dirigido al personal en formación o con vinculación laboral que desarrolla su trabajo en centros de investigación biológica públicos y privados, industria farmacéutica y hospitales.

Más información: mtmacias@iib.uam.es, fusera@cnb.csic.es

ABRIL

Curso Superior de Protección Radiológica

Organizado por: Ciemat.

Lugar, fecha: Ciemat, Avda. Complutense, 40. 28040 Madrid, del 9 de abril al 29 de junio de 2012.

Objetivos: proporcionar la formación requerida sobre los fundamentos y la tecnología de protección radiológica necesaria para el reconocimiento de experto cualificado con diploma de jefe de un Servicio de Protección Radiológica o UTPR, según establece la Instrucción Técnica IS-03, del Consejo de Seguridad Nuclear.

Dirigido: se requiere titulación oficial de licenciado en ciencias, ingeniero o arquitecto, u otros reconocidos oficialmente como equivalentes, en el caso de no tratarse de títulos oficiales. (Se exige un nivel de conocimientos equivalente a los de un supervisor de Instalaciones Radiactivas).

Más información: pr.tn@ciemat.es

Índice de RADIOPROTECCIÓN 2011

Artículos

AUTORES	TÍTULO ARTÍCULO	EDICIÓN
GÁZQUEZ M.J., MANTERO J., BOLÍVAR J.P, GARCÍA-TENORIO R. Y VACA F.	Caracterización físico-química y radiactiva de los sub-productos provenientes de la industria de dióxido de titanio para su valorización en la industria del cemento: implicaciones radiológicas	Nº 66 Vol. XVIII 2011
BERMÚDEZ R., ESPAÑA M.L., GARCÍA CASTAÑÓN P., GÓMEZ BARRADO A., RODRÍGUEZ MARTÍN G. Y FERNÁNDEZ BEDOYA V.	Pruebas de aceptación en equipos digitales de mamografía. Aplicabilidad de protocolos	Nº 66 Vol. XVIII 2011
GINJAUME M., PÉREZ S., CARNICER A., ORTEGA X., TORMO M.L., AMOR I. y RODRÍGUEZ M.	Dosimetría de extremidades en personal sanitario de radiología intervencionista y medicina nuclear	Nº 66 Vol. XVIII 2011
VAÑÓ E., SALAS R., ORTIZ MA T. y SERRANO J.I.	Grupo de Expertos para la aplicación del Artículo 31,35 y 37 del Tratado Euratom	Nº 67 Vol. XVIII 2011
LÓPEZ M.A.,CORRECHER V., GINJAUME M., GÓMEZ ROS J.M., NAVARRO T.,ROMERO A. y SÁEZ VERGARA J.C.	Grupo Europeo de Dosimetría de Radiaciones (EURADOS)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
VAÑÓ E., CARBONERAS P. REAL A.	Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
GALLEGO E.	Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
RODRÍGUEZ M.,CARBONERAS P.,CANCIO D.	Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (NEA/OECD)- (CRPPH)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
ALONSO A.	Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (INSAG)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
AMOR I.	Comité de Normas de Seguridad Radiológica del OIEA (RASSC)	Nº 67 Vol. XVIII 2011
MARCO M.	Comité Directivo sobre Educación y Formación en Protección Radiológica del OIEA	Nº 67 Vol. XVIII 2011
RAMÍREZ VERA M.L.	Comité Asesor Escala INES	Nº 67 Vol. XVIII 2011
CANCIO D.,VAÑÓ E.	Observadores españoles en UNSCEAR	Nº 67 Vol. XVIII 2011
CARBONERAS P., ORTIZ T., ALCAIDE E. Y RUEDA C.	Resultados y conclusiones de la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radioactivas huérfanas.	Nº 69 Vol. XVIII 2011
GONZÁLEZ A. J.	Las bases éticas de los principios internacionales de Protección Radiológica.	Nº 69 Vol. XVIII 2011
PUJADES-CLAUMARCHIRANT MA C., PÉREZ-CALATAYUD J. y BALLESTER F.	Estudio de la carga de trabajo a aplicar en el cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia HDR con Ir-192	Nº 69 Vol. XVIII 2011

Notas Técnicas

AUTOR	TÍTULO	EDICIÓN
MARTÍN, E.	La acreditación de ENAC, una garantía en el entorno de la protección radiológica	Nº 69 Vol. XVIII 2011

Entrevistas

ENTREVISTADO	CARGO	EDICIÓN
PÍO CARMENA y MARISA ESPAÑA	Presidentes entrante y saliente de la SEPR.	Nº 66 Vol. XVIII 2011
CLAIRE COUSINS	Presidenta de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)	Nº 67 VOL. XVIII 2011
EDUARDO GALLEGU, PEDRO CARBONERAS Y MANUEL RODRÍGUEZ	Miembros del Comité de Programas de Congreso IRPA 13	Nº 69 Vol. XVIII 2011

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

1. PROPÓSITO Y ALCANCE

La revista RADIOPROTECCIÓN es el órgano de expresión de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR).

Los trabajos que opten para ser publicados en RADIOPROTECCIÓN deberán tener relación con la Protección Radiológica y con todos aquellos temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR. Los trabajos deberán ser originales y no haber sido publicados en otros medios, a excepción de colaboraciones de especial interés, según criterio del Comité de Redacción. Los trabajos aceptados son propiedad de la Revista y su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita del Comité de Redacción de la misma.

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

Todas las contribuciones se enviarán por correo electrónico a la dirección: redaccionpr@gruposenda.net

o por correo postal a:

SENDA Editorial. Revista RADIOPROTECCIÓN.
Calle Isla de Saipán, 47
28035 MADRID

En el caso de que se utilice el correo postal, se enviarán tres copias en papel y CD o DVD con el trabajo.

2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

La revista RADIOPROTECCIÓN también se publica en formato electrónico y puede consultarse en la página de la Sociedad Española de Protección Radiológica (<http://www.sepr.es>).

3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

3.1. Tipo de contribuciones que pueden enviarse a la revista

Las contribuciones que pueden enviarse a RADIOPROTECCIÓN son:

- *Artículos de investigación* teórica o práctica (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- *Revisiones técnicas* sobre temas actuales de especial interés (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- *Noticias* relacionadas con la Protección Radiológica, tanto de España como del mundo en general. Las noticias han de ser breves

(máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo), de interés para los miembros de la Sociedad, redactadas en un lenguaje periodístico y deberán hacer referencia, cuando proceda, a documentos más extensos. En casos excepcionales, podrán ocupar un espacio mayor. Por razones editoriales será preciso firmar las noticias o indicar el origen de la misma.

- *Publicaciones* (revistas, libros, documentos de organismos nacionales e internacionales) de interés en el ámbito de la Protección Radiológica. La reseña debe incluir título, autor o autores, editorial, ISBN, precio, forma de adquirirlo y extensión, así como un pequeño resumen del contenido de la publicación. Siempre que sea posible se facilitará una imagen de la portada de la publicación para que aparezca junto con la nota. La extensión de la reseña debe ser como máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Reseñas de libros*. La reseña supondrá que el autor ha analizado el texto de la publicación y está en condiciones de emitir un juicio crítico que ayude al lector a mostrar o no interés por la publicación reseñada. Se identificará título, autor o autores, editorial, ISBN, precio, forma de adquirirlo y extensión. Se facilitará así mismo una imagen de la portada de la publicación a fin de que sea reproducida en la revista junto con el texto enviado. Las reseñas han de ir firmadas por el autor de las mismas. La extensión máxima será de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Convocatorias* de jornadas y congresos relacionados con la Protección Radiológica. Se facilitará el nombre de la convocatoria, fecha y lugar de celebración, así como un breve resumen de los aspectos más relevantes de la convocatoria. Siempre que sea posible se especificará la dirección de Internet donde aparece más información de la convocatoria. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Cartas al director*. En ellas se podrá hacer referencia a artículos publicados con anterioridad en la revista, o exponer comentarios o sugerencias relacionadas tanto con la revista como con la SEPR, así como con cualquier otro tema relacionado con la protección radiológica que se considere de interés para los socios de la SEPR.

- *Proyectos de I+D*. Breves reseñas sobre aquellos proyectos relevantes que estén financiados nacional o internacionalmente. Para aquellos proyectos de investigación que estén empezando, la nota debe incluir

el título del proyecto, sus características y objetivos, instituciones implicadas y marco institucional. En aquellos casos en los que el proyecto ya haya finalizado o se encuentre en un estado avanzado de desarrollo, la nota también incluirá los resultados más relevantes obtenidos y posibles acciones futuras. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

3.2. Normas para la presentación de artículos y revisiones técnicas

En todos los trabajos se utilizará un tratamiento de texto estándar (word, wordperfect). El texto debe escribirse a espacio sencillo en tamaño 12. La extensión máxima del trabajo será de 12 páginas DIN-A4 para los artículos y de 6 páginas para las revisiones técnicas, incluyendo los gráficos, dibujos y fotografías.

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

3.2.1. *Carta de presentación*. Con cada trabajo ha de enviarse una carta de presentación que incluya el nombre, institución, dirección, teléfono, fax y correo electrónico del autor al que hay que enviar la correspondencia. Los autores deben especificar el tipo de contribución enviada (ver apartado 3.1).

3.2.2. *Página del título*. Esta página debe contener, y por este orden, título del artículo, primer apellido e inicial(es) de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, nombre de la persona de contacto, teléfono, fax, dirección de correo electrónico y otras especificaciones que se consideren oportunas. Cada autor debe relacionarse con la correspondiente institución usando llamadas mediante números.

El título, que irá en el encabezamiento del trabajo, no tendrá más de 50 caracteres, (incluyendo letras, espacios y un máximo de 6 palabras clave que reflejen los principales aspectos del trabajo).

3.2.3. *Resumen*. Se escribirá un resumen del trabajo en castellano y en inglés que expresará una idea general del artículo. La extensión máxima será de **200 palabras en cada idioma**, que se debe respetar por razones de diseño y de homogeneización del formato de la revista.

- Es importante que el resumen sea preciso y sucinto, presentando el tema, las informaciones originales, exponiendo las conclusiones, e indicando los resultados más destacables.

3.2.4. **Texto principal.** No hay reglas estrictas sobre los apartados que deben incluirse, pero hay que intentar organizar el texto de tal forma que incluya una introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, referencias bibliográficas, tablas y figuras y agradecimientos.

Se deberían evitar repeticiones entre los distintos apartados y de los datos de las tablas en el texto.

Las abreviaturas pueden utilizarse siempre que sea necesario, pero siempre deben definirse la primera vez que sean utilizadas.

3.2.5. **Unidades y ecuaciones matemáticas.** Los autores deben utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI). Las unidades de radiación deben darse en el SI, por ejemplo 1 Sv, 1 Gy, 1 MBq. Las ecuaciones deben numerarse (1), (2) etc. en el lado derecho de la ecuación.

3.2.6. **Anexos.** Se solicita a los autores que no incluyan anexos, si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado referencias bibliográficas. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente (A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

3.2.7. **Tablas.** Las tablas deben citarse en el texto pero deben proporcionarse en hojas separadas. Deben ir numeradas con números romanos (I, II, III etc.) y cada una de ellas debe tener un título corto y descriptivo. Se debe intentar conseguir la máxima claridad cuando se pongan los datos en una tabla y asegurarse de que todas las columnas y filas están alineadas correctamente.

Si fuera necesario se puede incluir un pie de tabla. Éste debe mencionarse en la tabla como una letra en superíndice, la cual también se pondrá al inicio del pie de tabla correspondiente. Las abreviaturas en las tablas deben definirse en el pie de tabla, incluso si ya han sido definidas en el texto.

3.2.8. **Figuras.** Las figuras deben citarse en el texto numeradas con números arábigos, proporcionándose en hojas separadas. Las figuras aparecerán en blanco y negro en la revista, excepto casos muy excepcionales, lo que debe ser tenido en cuenta por los autores a la hora de elegir los símbolos y tramas empleados en ellas. Las **fotografías** deberán entregarse en **original** (papel o diapositiva) o como **imágenes digitalizadas en formato de imagen** (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una **resolución superior a 300 ppp. Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan inscritas en un documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.**

Cada imagen (foto, tabla, dibujo) debe ir acompañada de su **pie de foto** correspondiente.

3.2.9. **Referencias Bibliográficas.** Debe asignarse un número a cada referencia siguiendo el orden en el que aparecen en el texto, es decir, las referencias deben citarse en orden numérico. Las referencias citadas en una tabla o figura cuentan como que han sido citadas cuando la tabla o figura se menciona por primera vez en el texto.

Dentro del texto, las referencias se citan por número entre corchetes. Dentro del corchete, los números se separan con comas, y tres o más referencias consecutivas se dan en intervalo. Ejemplo [1, 2, 7, 10-12, 14]. Las menciones a comunicaciones privadas deben únicamente incluirse en el texto (no numerándose), proporcionando el autor y el año. La lista de referencias al final del trabajo debe realizarse en orden numérico.

Ejemplos de cómo citar las referencias bibliográficas:

Artículo de revista:

1. Ghiatas A.A., Chopra S., Schnitker J.B. Is Sonographic Flow Imaging Useful in the Differential Diagnosis of Adrenal Masses? Br. J. Radiol. 69:1005-8; 1996.

Libros:

2. Lovelock D.J. Radiation Incidents in Dentistry. In: Radiation Incidents. Pg: 6-11. Faulkner K, Harrison RM, editors. London: British Institute of Radiology, 1996.

Resúmenes de congresos:

3. Ring E.F.J., Elvins D.M., Bhalla A.K., editors. Current Research in Osteoporosis and Bone Mineral Measurement IV: 1996. Proceedings of the 1996 Bath Conference on Osteoporosis and Bone Mineral Measurement; 1996 June 24-26; Bath. London: British Institute of Radiology, 1996.

4. PROCESO DE REVISIÓN DE LOS TRABAJOS

En el caso de artículos y revisiones técnicas, la dirección de la revista acusará recibo de los mismos, pero ello no compromete

a su publicación. No se devolverá ningún original, excepto que sea solicitado explícitamente por los autores.

Todos los artículos y revisiones técnicas recibidos serán revisados al menos por dos miembros del Comité Científico de RADIOPROTECCIÓN. Los comentarios y sugerencias se enviarán a los autores para que sean tenidos en cuenta en la redacción final del trabajo. Si no estuvieran de acuerdo con alguno de dichos comentarios/sugerencias, deberán explicar los motivos de su desacuerdo. Una vez revisados, el Comité de Redacción decidirá finalmente cuando se publica cada trabajo.

Una vez se disponga de las pruebas de imprenta, éstas serán enviadas a los autores para que puedan revisarlas en el plazo que se indique.

El resto de contribuciones a RADIOPROTECCIÓN (ver apartado 3.1) serán revisadas por el Comité Científico y/o de Redacción de la revista con objeto de evaluar su idoneidad para ser publicadas.

5. LISTA DE ASPECTOS A COMPROBAR ANTES DE ENVIAR LOS ARTÍCULOS Y REVISIONES TÉCNICAS

Se invita a los autores a usar la siguiente lista de comprobaciones antes de enviar su contribución:

1. ¿Han utilizado unidades del SI?
2. Si se han usado abreviaturas ¿Son las estándar?
3. ¿Se ha usado la nomenclatura correcta?
4. ¿Será el trabajo inteligible para aquellas personas que no sean expertas en el tema?
5. ¿Se ha confeccionado la lista de referencias bibliográficas siguiendo las instrucciones de RADIOPROTECCIÓN? (apartado 3.2.5)
6. ¿Se proporciona una versión reducida del título del trabajo?
7. Si el primer autor no es la persona de contacto ¿Se ha identificado el autor al que debe contactarse en la página del título?
8. ¿Se citan las figuras en el texto en orden correcto?
9. ¿Se han confeccionado las figuras teniendo en cuenta que se publicarán en escala de grises?
10. ¿Se citan las tablas en el orden correcto?
11. Si mandas tu contribución por correo postal ¿Se envían las tres copias en papel y el CD o DVD?